

**Universidad Carlos III de Madrid**

**Ingeniería Industrial**



**DESARROLLO DE UN JUEGO DE  
SIMULACIÓN SOBRE GESTIÓN DE  
RIESGOS EN LA CADENA DE  
SUMINISTRO**

**AUTOR:** Jaime García Colorado  
**TUTOR:** Miguel Gutiérrez Fernández

Leganés, Octubre 2012

# ÍNDICE

<b>I. LISTA DE TABLAS.....</b>	<b>3</b>
<b>II. LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>4</b>
<b>III. ACRÓNIMOS. ....</b>	<b>6</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>7</b>
1.1. Antecedentes y motivación.....	7
1.2. Objetivos .....	8
1.3. Estructura del documento .....	8
1.4. Planificación y presupuesto .....	9
<b>2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL JUEGO .....</b>	<b>13</b>
2.1. Tablero de Juego .....	13
2.2. Tablero de Backup.....	14
2.3. Descripción general del juego .....	16
2.4. Incidencias.....	19
2.4.1. Incidencia en el Component Supplier .....	19
2.4.2. Incidencia en el Assembly & Packaging .....	20
2.4.3. Incidencia en el Path to DCA o DCB .....	21
2.4.4. Incidencia en el Distribution Center A o Distribution Center B .....	23
<b>3. DISEÑO DEL JUEGO.....</b>	<b>25</b>
3.1. Datos Iniciales .....	25
3.1.1. Supply Chain Data.....	25
3.1.2. Initialization SC1 .....	26
3.1.3. Initialization SC2 .....	30
3.2. Opciones detalladas de los dos jugadores .....	34
3.3. Dinámica de los 5 pasos .....	35
3.3.2. Paso 1.....	36
3.3.3. Paso 2.....	37
3.3.4. Paso 3.....	38
3.3.5. Paso 4.....	39
3.3.6. Paso 5.....	40
<b>4. DINÁMICA AVANZADA. INCIDENCIAS. ....</b>	<b>43</b>
4.1. Warm-up .....	43
4.1.1. Backup Board.....	43
4.1.2. Datos de partida. Semana -8. ....	45
4.1.3. Cálculo de las cuotas de mercado .....	57
4.1.4. Funcionamiento del Final SCX .....	64
4.1.5. Dinámica de los 5 pasos.....	67
4.1.5.1 Paso 1.....	67
4.1.5.2 Paso 2.....	73
4.1.5.3 Paso 3.....	76
4.1.5.4 Paso 4.....	81
4.1.5.5 Paso 5.....	83
4.2. Component Supplier .....	85
4.2.1. Backup Board.....	85

4.2.2. Desarrollo de la Incidencia en el Component Supplier .....	87
4.3. Assembly and Packaging .....	92
4.4. Path to DCA .....	102
4.5. Path to DCB .....	107
4.6. Distribution Center A .....	113
4.7. Distribution Center B .....	118
4.8. Starting Data for Next Round .....	122
<b>5. PUESTA EN MARCHA .....</b>	<b>125</b>
5.1. Archivos del Juego.....	125
5.1.1. Director de Juego.....	125
5.1.1.1 Initial Conditions .....	125
5.1.1.2 Scoreboard Player 1 y Scoreboard Player 2 .....	127
5.1.1.3 SC1 Order Board y SC2 Order Board .....	129
5.1.2. Tablero de Juego, Player 1 .....	130
5.1.3. Tablero de Juego, Player 2 .....	130
5.2. Desarrollo partida completa .....	131
5.3. Flujograma del proceso de juego .....	143
<b>6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS .....</b>	<b>145</b>
6.1. Conclusiones .....	145
6.1.1. Respecto de los objetivos del Proyecto .....	145
6.1.2. Respecto del desarrollo del Proyecto .....	148
6.1.3. Respecto del contenido del Juego .....	149
6.2. Trabajos futuros .....	150
<b>7. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>153</b>

**I. Lista de tablas.**

<i>Tabla 1 1. Tareas del Proyecto. ....</i>	<i>10</i>
<i>Tabla 1 2. Total horas Proyecto. ....</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 1 3. Costes totales. ....</i>	<i>12</i>
<i>Tabla 5 1. Tablero Backup Player 1, Jugada 1. ....</i>	<i>134</i>
<i>Tabla 5 2. Tablero Backup Player 2, Jugada 1. ....</i>	<i>134</i>
<i>Tabla 5 3. Tablero backup Player 1, jugada 2.....</i>	<i>137</i>
<i>Tabla 5 4. Tablero backup Player 2, jugada 2.....</i>	<i>138</i>

## II. Lista de figuras.

Fig. 1.1. Diagrama de Gantt. ....	11
Fig. 2.1. Tablero de Juego. ....	13
Fig. 2.2. Tablero de Backup. ....	14
Fig. 2.3. Esquema cadenas de suministro + Alternativo. ....	17
Fig. 2.4. Datos de Juego. ....	19
Fig. 2.5. Alternative Component Supplier. ....	20
Fig. 2.6. Alternative Assembly & Packaging. ....	21
Fig. 2.7. Alternative Path to DCA. ....	22
Fig. 2.8. Alternative Path to DCB. ....	22
Fig. 2.9. Alternative Distribution Center A. ....	23
Fig. 2.10. Alternative Distribution Center B. ....	24
Fig. 3.1. Supply Chain Data. ....	26
Fig. 3.2. Initialization SC1. ....	30
Fig. 3.3. Initialization SC2. ....	34
Fig. 3.4. Opciones de Backup y Stock de Seguridad. ....	35
Fig. 3.5. Situación Inicial. ....	36
Fig. 3.6. Paso 1. ....	37
Fig. 3.7. Paso 2. ....	38
Fig. 3.8. Paso 3. ....	39
Fig. 3.9. Paso 4. ....	40
Fig. 3.10. Paso 5. ....	41
Fig. 4.1. Backup Board. ....	43
Fig. 4.2. Order Board + Alternative (W-8). ....	45
Fig. 4.3. Component Supplier (W-8). ....	47
Fig. 4.4. SC1-Assembly & Packaging (W-8). ....	48
Fig. 4.5. SC1 Distribution Center A (W-8). ....	51
Fig. 4.6. SC1 Distribution Center B (W-8). ....	51
Fig. 4.7. Customer Region A. ....	55
Fig. 4.8. Customer Region B. ....	55
Fig. 4.9. Final SC1 Last 8 weeks DCA. ....	58
Fig. 4.10. Final SC2 Last 8 weeks DCA. ....	59
Fig. 4.11. Final SCX Last 8 weeks DCA. ....	60
Fig. 4.12. Customer Region A (Final SCX). ....	66
Fig. 4.13. Paso 1, Order Board + Alternative. ....	67
Fig. 4.14. Paso1, Component Supplier. ....	68
Fig. 4.15. Paso 1, SC1 Assembly & Packaging. ....	68
Fig. 4.16. Paso 1, SC1 Distribution Center A. ....	69
Fig. 4.17. Paso 1, SC1 Distribution Center B. ....	70
Fig. 4.18. Paso 1, Customer Region A. ....	70
Fig. 4.19. Paso 1, Customer Region B. ....	72
Fig. 4.20. Paso 2, Order Board + Alternative. ....	73
Fig. 4.21. Paso 2, Component Supplier. ....	75
Fig. 4.22. Paso 2, SC1 Assembly & Packaging. ....	76
Fig. 4.23. Paso 3, Order Board + Alternative. ....	77
Fig. 4.24. Paso 3, SC1 Distribution Center A. ....	77
Fig. 4.25. Paso 3, SC1 Distribution Center B. ....	79
Fig. 4.26. Paso 3, Customer Region A. ....	80
Fig. 4.27. Paso 3, Customer Region B. ....	81
Fig. 4.28. Paso 4, Order Board + Alternative. ....	81

Fig. 4.29. SC1 Assembly & Packaging. ....	82
Fig. 4.30. Paso 5, Order Board + Alternative. ....	84
Fig. 4.31. Paso 5, Component Supplier. ....	84
Fig. 4.32. Backup Board. ....	86
Fig. 4.33. Primeras 6 semanas, Order Board + Alternative. ....	88
Fig. 4.34. Semana 7 y Semana 8. ....	92
Fig. 4.35. Primeras 5 semanas, Order Board + Alternative. ....	93
Fig. 4.36. Semanas 6, 7 y 8. ....	101
Fig. 4.37. Primeras 6 semanas, Order Board + Alternative. ....	102
Fig. 4.38. Order Board. ....	103
Fig. 4.39. Semana 7 y 8. ....	106
Fig. 4.40. Primeras 6 semanas, Order Board + Alternative. ....	107
Fig. 4.41. Order Board. ....	108
Fig. 4.42. Semana 7 y 8. ....	112
Fig. 4.43. Primeras 6 semanas, Order Board + Alternative. ....	113
Fig. 4.44. Semanas 7 y 8. ....	117
Fig. 4.45. Primeras 6 semanas, Order Board + Alternative. ....	118
Fig. 4.46. Semanas 7 y 8. ....	122
Fig. 4.47. Extracto de "Starting Data for Next Round". ....	122
Fig. 4.48. Zona de copia "Starting Data for Next Round". ....	123
Fig. 5.1. Initial Conditions. ....	126
Fig. 5.2. Scoreboard Player 1 y Scoreboard Player 2. ....	128
Fig. 5.3. Game Time, Weeks of Failure, Next Failure, Guardar Datos y Cargar Datos. ....	129
Fig. 5.4. SC1 Order Board. ....	129
Fig. 5.5. SC2 Order Board. ....	130
Fig. 5.6. Histórico SC1, BACKUP BOARD. ....	131
Fig. 5.7. Histórico SC1, ORDER BOARD + ALTERNATIVE. ....	132
Fig. 5.8. Selección columnas de SC1 Warm Up (Parte 1). ....	133
Fig. 5.9. Selección columnas de SC2 Warm Up (Parte 2). ....	133
Fig. 5.10. Tablero Backup Player 1, Jugada 1. ....	134
Fig. 5.11. Tablero Backup Player 2, Jugada 1. ....	135
Fig. 5.12. Zona de gestión de incidencia, Player 1. ....	135
Fig. 5.13. Final semana 8 en SC1. ....	136
Fig. 5.14. Final semana 8 en SC2. ....	136
Fig. 5.15. Tablero backup Player 1, jugada 2. ....	137
Fig. 5.16. Tablero backup Player 2, jugada 2. ....	138
Fig. 5.17. Zona de gestión de incidencia, Player 2. ....	138
Fig. 5.18. Final semana 16 en SC1. ....	139
Fig. 5.19. Final semana 16 en SC2. ....	139
Fig. 5.20. Extracto de DATOS GUARDADOS. ....	140
Fig. 5.21. Tablero backup Player 1, jugada 3. ....	141
Fig. 5.22. Tablero backup Player 1, jugada 3. ....	141
Fig. 5.23. Tablero de backup Player 2, jugada 3. ....	141
Fig. 5.24. Tablero de backup Player 2, jugada 3. ....	141
Fig. 5.25. Zona de gestión de incidencia, Player 1. ....	142
Fig. 5.26. Final semana 24 en SC1. ....	142
Fig. 5.27. Final semana 24 en SC2. ....	143

**III. Acrónimos.**

<b>Acrónimo</b>	<b>Definición</b>
<i>SC1</i>	Supply Chain 1
<i>SC2</i>	Supply Chain 2
<i>C.Supplier</i>	Component Supplier
<i>A&amp;P</i>	Assembly and Packaging
<i>DCA</i>	Distribution Center A
<i>DCB</i>	Distribution Center B
<i>IT-A&amp;P1</i>	In Transit Assembly and Packaging (casilla 1)
<i>IT-A&amp;P1</i>	In Transit Assembly and Packaging (casilla 2)
<i>IT-A&amp;P1</i>	In Transit Assembly and Packaging (casilla 3)
<i>IT-DCA</i>	In Transit Distribution Center A
<i>IT-DCB1</i>	In Transit Distribution Center B (casilla 1)
<i>IT-DCB2</i>	In Transit Distribution Center B (casilla 2)
<i>LT DC-A</i>	Lead Time Distribution Center A
<i>LT DC-B</i>	Lead Time Distribution Center B
<i>LT A&amp;P</i>	Lead Time Assembly and Packaging
<i>SS</i>	Stock de Seguridad
<i>SCX</i>	Supply Chain Substitutive
<i>100% 2w</i>	Backup: funcionando al 100% de la capacidad máxima, a partir de las 2 semanas
<i>100% 4w</i>	Backup: funcionando al 100% de la capacidad máxima, a partir de las 4 semanas
<i>50% 2w</i>	Backup: funcionando al 50% de la capacidad máxima, a partir de las 2 semanas
<i>50% 4w</i>	Backup: funcionando al 50% de la capacidad máxima, a partir de las 4 semanas
<i>W-8</i>	Semana menos 8
<i>W0</i>	Semana cero

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Antecedentes y motivación

Este proyecto surge a propuesta de su director con el propósito de implantar el diseño de un juego de simulación sobre gestión de riesgos en la cadena de suministro. Los riesgos que son objeto pedagógico del juego hacen referencia a sucesos de baja probabilidad de ocurrencia, pero de un gran impacto para el funcionamiento de una cadena de suministro.

Hay múltiples listados y clasificaciones de estos sucesos o fuentes de amenaza [1] [2]. Para el planteamiento y la comprensión de los contenidos de este proyecto, es suficiente con tener la siguiente agrupación simplificada:

- Catástrofes naturales: huracanes (como el Katrina en 2005), terremotos (como el de Japón en 2011), explosión de volcanes (como el de Islandia en 2010)...
- Accidentes industriales: incendios en instalaciones, fallos eléctricos, fallos graves del sistema de información...
- Fenómenos sociales y geopolíticos: huelgas, epidemias, terrorismo, golpes de estado...

Cuando consideramos la cadena de suministro de grandes compañías, aunque la probabilidad de cada uno de los sucesos anteriores es aisladamente pequeña, la probabilidad de que alguno de esos sucesos tenga lugar es extremadamente alta. Especialmente si observamos que estos sucesos pueden afectar tanto a instalaciones propias como a las de los suministradores y centros de venta [3]. Por ello, especialmente para grandes compañías es imprescindible una gestión del riesgo global que intente proteger en la medida de lo posible toda la cadena de suministro. Esta gestión del riesgo requiere una combinación de estrategias y prácticas de gestión.

A este respecto, cabe destacar como referencia básica para el desarrollo del proyecto el libro “La Empresa Robusta” del profesor Yossi Sheffi [4]. El concepto de “robustez” se toma como extensión de su aplicación en ciencia de los materiales: la capacidad de un material para recuperar su forma original después de experimentar una deformación. Según apunta Sheffi, aplicado a la gestión de la cadena de suministro, “representa la capacidad y velocidad de las compañías para alcanzar un determinado nivel de actuación después de una interrupción de alto impacto cuya probabilidad de acontecimiento era estimada muy baja”.

La manera tradicional de hacer frente a este tipo de incertidumbres en el ámbito de la Gestión de Operaciones es mediante el uso de los llamados *Stocks* de Seguridad [5]. De forma muy resumida, se trata de mantener en almacén unos niveles adicionales de inventario a los estrictamente necesarios para las operaciones planificadas, con objeto de poder mantener el funcionamiento de cada elemento de la cadena de suministro frente a sucesos de ocurrencia incierta. No obstante, este elemento clásico en gestión de inventarios es ineficiente en muchas circunstancias. De entrada, la razón más evidente: muchos de los fenómenos antes señalados pueden destruir esos inventarios. Pero más aún, para muchos de los fenómenos, los niveles de inventario necesarios para subsistir serían económicamente prohibitivos.

Por ello, es importante recurrir a la redundancia en los eslabones de la cadena de suministro, o instalaciones de *back-up*. Un modo de operar típico de estas instalaciones de *back-up* consiste en llegar a un acuerdo con ciertas empresas externas para que, previo pago de una cantidad, se comprometan a poder ceder una capacidad productiva acordada en un plazo de tiempo determinado cuando sea necesario. En el caso de suministradores, se identifican



suministradores alternativos, con los que se firma un contrato de abastecimiento que pueda hacerse efectivo en caso de necesidad, de manera que se comprometen a suministrar una cantidad de piezas en un plazo prefijado. En ocasiones pueden ser suministradores de piezas para la cadena de otro producto de la misma empresa y que pueden cambiar y pasar a producir los suministros requeridos si se les avisa con cierta antelación. En el caso de una fábrica se busca igualmente un fabricante externo que pueda acondicionar y dedicar en un plazo prefijado una parte de sus instalaciones a trabajar como las instalaciones propias. En el caso de un centro de distribución, se acuerda que una empresa ceda parte de sus instalaciones para poder operar, almacenar y distribuir el producto en cuestión, en el plazo acordado.

Muchas grandes compañías se han dado cuenta de que es fundamental la competencia por disponibilidad del producto en los puntos de venta, aún incurriendo en costes extras por redundancia de elementos en la cadena de suministro. Es decir, no arriesgarse a que los competidores les desplacen del mercado en caso de un suceso como los descritos anteriormente. Y esta estrategia es la que pretende ilustrar el juego de simulación de cuyo diseño parte este proyecto fin de carrera.

## 1.2. Objetivos

De acuerdo a lo comentado en el apartado anterior, se puede enunciar el objetivo del proyecto como:

“Poner en práctica el diseño conceptual de un juego didáctico de simulación sobre gestión de inventarios de una cadena de suministro para hacer frente a sucesos de baja probabilidad de ocurrencia y gran impacto.”

Para la puesta en funcionamiento, se parte de unos requisitos de partida:

- Debe proporcionarse un soporte informático sencillo que permita realizar el juego en una clase con alumnos distribuidos en equipos que compiten de dos en dos.
- Los requisitos de funcionamiento deben ser mínimos, por lo que en la medida de lo posible los cálculos deberían realizarse con una aplicación sencilla o mediante una hoja de cálculo.
- Debe registrarse semana a semana tanto la evolución de inventario como las órdenes de fabricación.
- Debe ser posible la parametrización por parte del instructor de los parámetros básicos de funcionamiento del juego.
- Puesto que tiene que ser jugable por los alumnos, debe presentar un proceso de juego ejecutivo y visual que permita una toma de decisiones dinámica.
- Tiene que existir la posibilidad de guardar partidas y poder retomarlas o consultarlas cuando se considere necesario.

## 1.3. Estructura del documento

Después de la introducción del proyecto, se nos presentan cuatro temas que describen y explican el juego. Finalizando con un capítulo que resume las conclusiones más importantes que se

extraen de todo el proceso de diseño, y otro tema para concluir que resume las referencias bibliográficas numeradas en el documento.

Dentro de esos cuatro temas descriptivos, tenemos por orden:

- **2.- DESCRIPCIÓN GENERAL DEL JUEGO:** en él se describe el funcionamiento de los dos tableros principales: el de juego y el de backup. Y se hace una descripción del funcionamiento de cada una de las incidencias.
- **3.- DISEÑO DEL JUEGO:** se hace una descripción detallada de cuáles son las condiciones iniciales y como se calculan. Además se resumen todas las alternativas de toma de decisión de los jugadores en cada uno de los turnos de una partida. Y para terminar se hace una descripción esquemática de un proceso repetitivo de cálculo, que funcionará durante toda la partida, la “dinámica de los 5 pasos”.
- **4.- DINÁMICA AVANZADA:** contiene una descripción detalla del diseño de las hojas Excel y de las fórmulas utilizadas para el cálculo de las incidencias.
- **5.- PUESTA EN MARCHA:** se detallan las funciones de los tres archivos necesarios para llevar a cabo una partida entre dos equipos. Y se describen una serie de jugadas que sirven como instrucciones del juego.

#### 1.4. Planificación y presupuesto

Dentro de este apartado se pretende dar una idea aproximada de cuál ha sido el proceso de ejecución del proyecto, contabilizando la duración de cada una de las tareas para realizar un presupuesto y cuantificar el valor económico de las mismas.

Respecto de la planificación, hay que comentar que el proyecto ha tenido tres etapas de desarrollo diferentes:

- **Primera etapa (01/11/2011 a 14/01/2012):** en la que se tenía una disponibilidad alta por parte del alumno, que combinaba la preparación de una asignatura con el inicio del proyecto (media de 28 hora/semana).
- **Segunda etapa (14/01/2012 a 27/06/2012):** en el que el alumno tenía una disponibilidad media, pues combinaba una beca de media jornada en Red Eléctrica de España S.A. con el desarrollo del proyecto (media de 21 horas/semana).
- **Tercera etapa (27/06/2012 a 26/10/2012):** en el que el alumno tenía una disponibilidad total, pues al finalizar la beca se fijó toda la atención en el desarrollo final del proyecto (media de 35 horas/semana).

Todo el proceso de ejecución del proyecto ha tenido una duración aproximada de 12 meses. Y durante este periodo se han desarrollado las tareas que se detallan en la Tabla 1 1. Representadas cronológica y esquemáticamente en el diagrama de Gantt de la Fig. 1.1. Si comparamos la duración de las tareas con las etapas nombradas anteriormente podemos comprobar que existen algunas como el “Diseño del Warm Up” y “Programación del Warm Up”, que tiene una duración muy larga. Este hecho no se debe sólo a la dificultad de las mismas, sino a que coinciden con la etapa de trabajo en la beca antes comentada. A partir del 27/06/2012, ninguna tarea dura más de 10 días.

TAREAS DEL PROYECTO	DURACIÓN (DÍAS)	FECHA INICIO	FECHA FIN	ETAPA DEL PROYECTO	Horas/Día	Horas/Tarea
<b>ESTUDIO DE LOS CONCEPTOS Y DE LOS ARCHIVOS EXISTENTES</b>	74	01/11/2011	14/01/2012	1	4	296
Estudio de los tableros de juego y backup	7	01/11/2011	08/11/2011	1	4	28
Estudio de las reglas de juego	7	08/11/2011	15/11/2011	1	4	28
Familiarización con las tablas de datos existente	15	15/11/2011	30/11/2011	1	4	60
Estudio de las fórmulas de dichas tablas	45	30/11/2011	14/01/2012	1	4	180
<b>DESARROLLO DEL FORMATO FINAL DE LAS TABLAS</b>	70	14/01/2012	24/03/2012	2	3	210
Diseño de la tabla de Condiciones Iniciales	15	14/01/2012	29/01/2012	2	3	45
Diseño de la estructura del Warm Up	55	29/01/2012	24/03/2012	2	3	165
<b>PROGRAMACIÓN DEL PRIMER DISEÑO DE LAS INCIDENCIAS</b>	120	24/03/2012	22/07/2012	2 y 3	3	410
Programación del Warm Up	80	24/03/2012	12/06/2012	2	3	240
Programación de la incidencia en el Assembly & Packaging	15	12/06/2012	27/06/2012	2	3	45
Programación de la incidencia en el Path to DCA	3	27/06/2012	30/06/2012	3	5	15
Programación de la incidencia en el Path to DCB	3	30/06/2012	03/07/2012	3	5	15
Programación de la incidencia en el DCA	9	03/07/2012	12/07/2012	3	5	45
Programación de la incidencia en el DCB	9	12/07/2012	21/07/2012	3	5	45
Corrección del funcionamiento por el tutor	1	21/07/2012	22/07/2012	3	5	5
<b>PROGRAMACIÓN DEL SEGUNDO DISEÑO DE LAS INCIDENCIAS (SEGÚN CORRECCIÓN)</b>	43	22/07/2012	03/09/2012	3	5	215
Programación del Warm Up	7	22/07/2012	29/07/2012	3	5	35
Programación de la incidencia en el Assembly & Packaging	7	29/07/2012	05/08/2012	3	5	35
Programación de la incidencia en el Path to DCA	7	05/08/2012	12/08/2012	3	5	35
Programación de la incidencia en el Path to DCB	7	12/08/2012	19/08/2012	3	5	35
Programación de la incidencia en el DCA	7	19/08/2012	26/08/2012	3	5	35
Programación de la incidencia en el DCB	7	26/08/2012	02/09/2012	3	5	35
Corrección del funcionamiento por el tutor	1	02/09/2012	03/09/2012	3	5	5
<b>APRENDIZAJE DE LA HERRAMIENTA VBA (Visual Basic for Applications)</b>	5	03/09/2012	08/09/2012	3	5	25
Aprendizaje de diseño de Módulos de Programación	1	03/09/2012	04/09/2012	3	5	5
Aprendizaje de programación de subprogramas	1	04/09/2012	05/09/2012	3	5	5
Aprendizaje de conexión de botones con subprogramas	2	05/09/2012	07/09/2012	3	5	10
Aprendizaje de gestión de variables globales	1	07/09/2012	08/09/2012	3	5	5
<b>DISEÑO DEL JUEGO EN VBA (Visual Basic for Applications)</b>	22	08/09/2012	30/09/2012	3	5	110
Diseño de los SCOREBOARD: Tablero de Backup e Histórico	1	08/09/2012	09/09/2012	3	5	5
Diseño de los ORDERBOARD	1	09/09/2012	10/09/2012	3	5	5
Programación de botones	18	10/09/2012	28/09/2012	3	5	90
Botón GENERATE WARM UP	3	10/09/2012	13/09/2012	3	5	15
Botones incidencia en COMPONENT SUPPLIER, Player 1 y Player 2	2	13/09/2012	15/09/2012	3	5	10
Botones incidencia en ASSEMBLY & PACKAGING, Player 1 y Player 2	2	15/09/2012	17/09/2012	3	5	10
Botones incidencia en PATH TO DCA, Player 1 y Player 2	2	17/09/2012	19/09/2012	3	5	10
Botones incidencia en PATH TO DCB, Player 1 y Player 2	2	19/09/2012	21/09/2012	3	5	10
Botones incidencia en DCA, Player 1 y Player 2	2	21/09/2012	23/09/2012	3	5	10
Botones incidencia en DCB, Player 1 y Player 2	2	23/09/2012	25/09/2012	3	5	10
Botones GUARDAR DATOS y CARGAR DATOS	3	25/09/2012	28/09/2012	3	5	15
Revisión del funcionamiento por el tutor	1	28/09/2012	29/09/2012	3	5	5
Programación de las actualizaciones acordadas con el tutor	1	29/09/2012	30/09/2012	3	5	5
<b>REDACCIÓN DEL DOCUMENTO</b>	26	30/09/2012	26/10/2012	3	5	130

Tabla 1.1. Tareas del Proyecto.

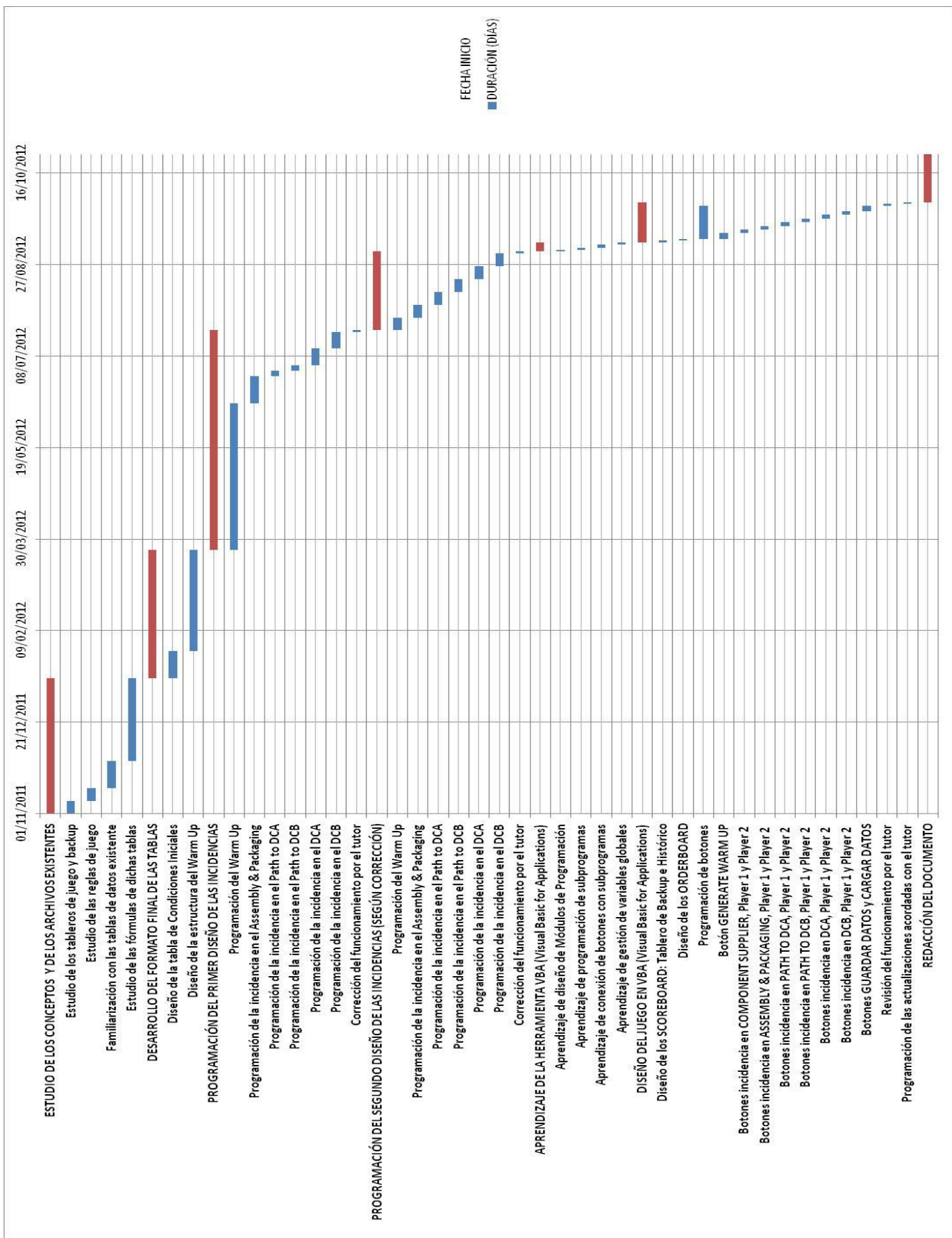


Fig. 1.1. Diagrama de Gantt.

Una vez se ha concretado la duración en días de las actividades realizadas durante el proyecto, podemos sacar el número de horas totales de trabajo del alumno con los tres tipos de medias de trabajo por día, en función de la etapa en la que se encuentre la tarea (ver Tabla 1 1). Si reducimos esa tabla para ver sólo las horas totales empleadas en las tareas principales, podemos calcular el número total de horas invertido por el alumno en realizar el proyecto (ver Tabla 1 2).

TAREAS DEL PROYECTO	Horas/Tarea
ESTUDIO DE LOS CONCEPTOS Y DE LOS ARCHIVOS EXISTENTES	296
DESARROLLO DEL FORMATO FINAL DE LAS TABLAS	210
PROGRAMACIÓN DEL PRIMER DISEÑO DE LAS INCIDENCIAS	410
PROGRAMACIÓN DEL SEGUNDO DISEÑO DE LAS INCIDENCIAS (SEGÚN CORRECCIÓN)	215
APRENDIZAJE DE LA HERRAMIENTA VBA (Visual Basic for Applications)	25
DISEÑO DEL JUEGO EN VBA (Visual Basic for Applications)	110
REDACCIÓN DEL DOCUMENTO	130
<b>TOTAL HORAS</b>	<b>1396</b>

Tabla 1 2. Total horas Proyecto.

Como se ha podido ver el alumno ha invertido un total de 1396 horas en realizar el proyecto fin de carrera. Suponiendo un precio por hora trabajada de Ingeniero Junior de 20 €/hora, sale un total de 27920 €.

Además de la mano del alumno, hay que considerar la realizada por el tutor del proyecto. Aparte de las tutorías, habría que añadir todas las horas invertidas en tener una idea inicial del juego y en diseñar las tablas de Excel previas, con las que se contaban al inicio. Se pueden suponer unas 100 horas de trabajo. Considerando que el coste horario de un Ingeniero Sénior es de 50€/hora, sale un total de 5000 €.

A continuación, habría que considerar unos costes materiales que comprenden desde el ordenador hasta los programas utilizados. Si consideramos que el precio del ordenador más los programas (Paquete Office principalmente) ascienden a 1200 euros, y la amortización del total es de 5 años. Como el proyecto ha durado un año aproximadamente, el coste sería de 240 €.

Si el proyecto fuese realizado como labor de consultoría, habría que añadir unos costes generales derivados de la realización del proyecto, principalmente instalaciones, servicios comunes y fungibles. Suponiendo que fuera un 15% del total de todos los costes como referencia, ascenderían a 4974 €. El resumen de costes globales se puede ver en la Tabla 1 3, con un total que supera los 38000 €.

ACTIVIDAD	Nº HORAS	€/HORA	COSTE (€)
Ingeniero Junior	1396	20	27920
Ingeniero Sénior	100	50	5000
Gastos materiales	-	-	240
Gastos generales (15%)	-	-	4974
<b>TOTAL</b>			<b>38134</b>

Tabla 1 3. Costes totales.

## 2. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL JUEGO

Vamos a proceder a describir los elementos y características más importantes del juego. Empezando por los dos tableros: Tablero de Juego y Tablero de Backup, posteriormente realizaremos una breve descripción del proceso de juego y por último, explicaremos las posibles incidencias que se pueden dar durante el desarrollo de una partida.

### 2.1. Tablero de Juego

Cada uno de los dos jugadores que interviene en una partida tiene un Tablero de Juego (ver Fig. 2.1) que les indicará la situación física de sus pedidos y de sus productos ya fabricados.

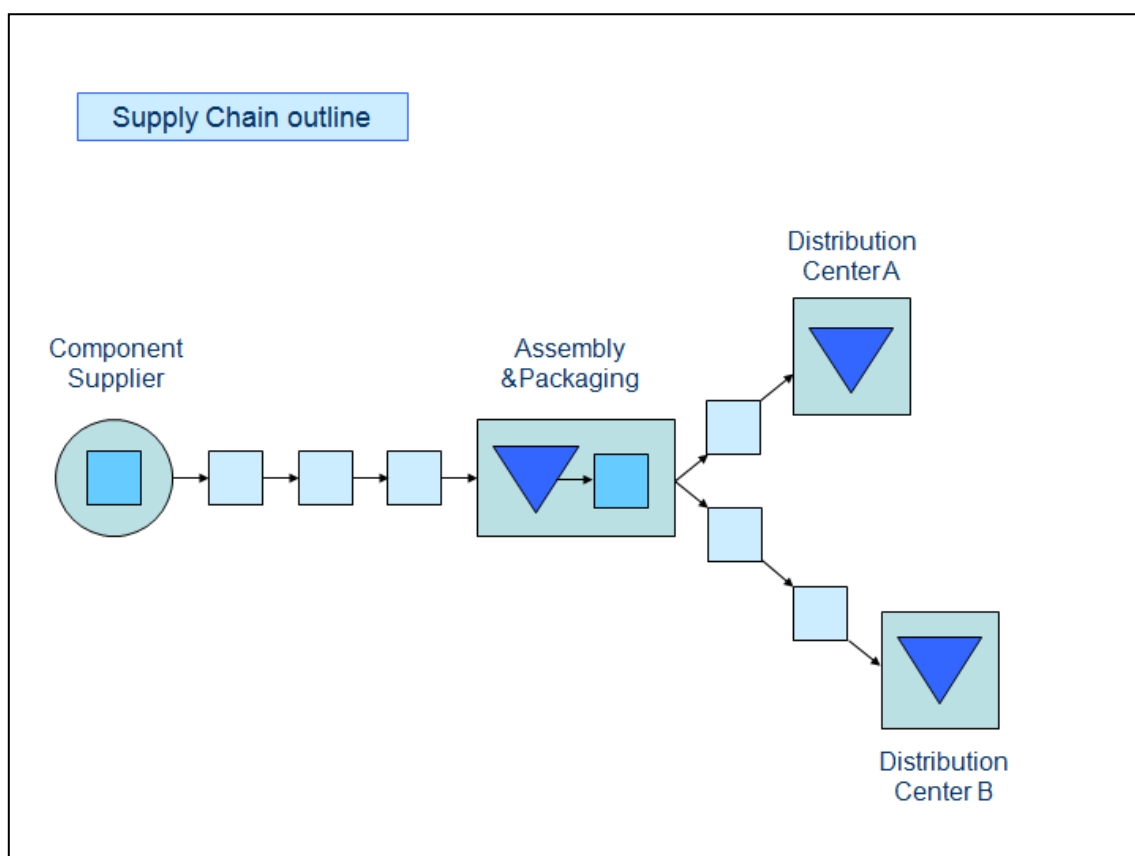


Fig. 2.1. Tablero de Juego.

Cuatro son los puntos clave de la cadena de suministro que se presentan en el Tablero:

- Component Supplier: representa al suministrador de materia prima necesaria para fabricar mi producto. En esta casilla se anotarán los pedidos realizados por el Assembly & Packaging en cada semana.
- Assembly & Packaging: es la fábrica, donde pasamos de tener pedidos a tener productos ya fabricados. El triángulo representa el almacenamiento de los pedidos que van llegando del Component Supplier, mientras que dentro del cuadrado aparecerán los productos ya

fabricados y listos para enviar a los centros de distribución. Debemos de tener en cuenta que siempre se va a considerar que la relación entre Pedido y Producto va a ser 1 a 1, es decir, que con un pedido de material somos capaces de fabricar un producto.

- Distribution Center A y B: los artículos fabricados se enviarán a los dos centros de distribución para cubrir la demanda que exista en cada uno de los mercados.

Además, los cuadrados intermedios que aparecen entre los puntos principales de la cadena de suministro representan el tiempo que tardan los pedidos o productos en pasar de un punto de la cadena a otro, el Lead Time. Cada una de las flechas representa una semana de movimiento de material. De esta forma, podemos decir que en la cadena tenemos 3 Lead Times distintos:

- Del Component Supplier al Assembly & Packaging: donde tenemos un Lead Time de 4 semanas.
- Del Assembly & Packaging al Distribution Center A: donde tenemos un Lead Time de 2 semanas.
- Del Assembly & Packaging al Distribution Center B: donde tenemos un Lead time de 3 semanas.

## 2.2. Tablero de Backup

Antes de cada turno de juego los dos jugadores podrán tomar decisiones en dos sentidos:

- El stock de seguridad que desean tener en: Assembly & Packaging, Distribution Center A y B. Para que en el caso en el que no les lleguen los pedidos, porque se ha producido una incidencia, sean capaces de cubrir la demanda durante algunas semanas.
- El backup que van a contratar en los puntos clave de la cadena de suministro: C. Supplier, Assembly & Packaging, Distribution Center A y B. Este va a servir para que en el caso que se produzca alguna incidencia en alguno de los 4 puntos antes nombrados, tengamos una forma alternativa que permita, a la parte afectada de la cadena de suministro, actuar al 50 o al 100% de su capacidad máxima en un tiempo determinado.

Las distintas decisiones que se pueden tomar se recogen en el Tablero de Backup (ver Fig. 2.2).

C. Supplier	Assembly & Packaging		Distribution Center A		Distribution Center B	
100% 2w ○ ○	 Safety Stock 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100	100% 2w ○ ○	 Safety Stock 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100	100% 2w ○ ○	 Safety Stock 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100 100	100% 2w ○ ○
100% 4w ○ ○		100% 4w ○ ○		100% 4w ○ ○		100% 4w ○ ○
50% 2w ○ ○		50% 2w ○ ○		50% 2w ○ ○		50% 2w ○ ○
50% 4w ○ ○		50% 4w ○ ○		50% 4w ○ ○		50% 4w ○ ○
1x	1x	3x	2x	2x	2x	2x

Fig. 2.2. Tablero de Backup.



Para cada turno de juego los jugadores disponen de 36 fichas que colocarán libremente en los distintos huecos que se ofrecen en el Tablero de Backup, creando así su estrategia. Existen diferencias entre las opciones a elegir entre los distintos puntos de la cadena:

- Component Supplier: en él solo podemos elegir entre distintos contratos de Backup. Para cada casilla que cubramos únicamente necesitamos una ficha, que es lo que nos indica el tablero en su parte inferior “1x”. Podemos elegir entre cuatro tipos de contratos:
  - Que funcione al 50% de la Capacidad Máxima del Component Supplier original a partir de las 4 semanas del fallo. Para ello necesitaremos 2 fichas cubriendo los huecos que representan ese contrato.
  - Que funcione al 50% de la Capacidad Máxima del Component Supplier original a partir de las 2 semanas del fallo. Para ello necesitaremos además de las dos fichas que cubren el contrato anterior, una que cubra el del 50% en 2 semanas.
  - Que funcione al 100% de la Capacidad Máxima del Component Supplier original a partir de las 4 semanas del fallo. Para ello necesitaremos las dos fichas que cubran el contrato de “50% 4w” y otra que cubra el de 100% en 4 semanas.
  - Que funcione al 100% de la Capacidad Máxima del Component Supplier original a partir de las 2 semanas del fallo. Para ello necesitaremos un total de 5 fichas: 2 que cubran el contrato de “50% 4w”, una que cubra indistintamente bien el “50% 2w” o bien “100% 4w”, y por último 2 que cubran el “100% 2w”.
- Assembly & Packaging: aquí podemos elegir el Stock de Seguridad que queremos tener almacenado en fábrica. Podemos contratar desde un mínimo de 0 hasta un máximo de 1200 unidades, de 100 en 100. Y para cubrir cada hueco de 100, solo necesitaremos una ficha tal y como se indica en la parte inferior con el “1x”. Además, contamos con la posibilidad de elegir entre los 4 tipos de contratos de Backup antes mencionados. La diferencia es que ahora necesitaremos 3 fichas para cubrir cada uno de los huecos. De nuevo podemos elegir entre cuatro tipos de contratos:
  - Que funcione al 50% de la Capacidad Máxima del Assembly & Packaging original a partir de las 4 semanas del fallo. Para ello necesitaremos 2x3=6 fichas cubriendo los huecos que representan ese contrato.
  - Que funcione al 50% de la Capacidad Máxima del Assembly & Packaging original a partir de las 2 semanas del fallo. Para ello necesitaremos además de las 6 fichas que cubren el contrato anterior, 1x3=3 que cubran el del 50% en 2 semanas.
  - Que funcione al 100% de la Capacidad Máxima del Assembly & Packaging original a partir de las 4 semanas del fallo. Para ello necesitaremos las 2x3=6 fichas que cubran el contrato de “50% 4w” y 1x3=3 que cubran el de 100% en 4 semanas.
  - Que funcione al 100% de la Capacidad Máxima del Assembly & Packaging original a partir de las 2 semanas del fallo. Para ello necesitaremos un total de 15 fichas: 2x3=6 que cubran el contrato de “50% 4w”, 1x3=3 que cubran indistintamente bien el “50% 2w” o bien “100% 4w”, y por último 2x3=6 que cubran el “100% 2w”.



- **Distribution Center A y B:** aquí podemos elegir el Stock de Seguridad que queremos tener almacenado en los centros de distribución. Podemos contratar desde un mínimo de 0 hasta un máximo de 1200 unidades, de 100 en 100. Y para cubrir cada hueco de 100, necesitaremos dos fichas tal y como se indica en la parte inferior con el “2x”. De nuevo, contamos con la posibilidad de elegir entre los 4 tipos de contratos de Backup. La diferencia es que ahora necesitaremos 2 fichas para cubrir cada uno de los huecos, como se indica en la parte inferior con el “2x”. Los cuatro tipos de contratos:
  - Que funcione al 50% de la Capacidad Máxima del Distribution Center A y B original a partir de las 4 semanas del fallo. Para ello necesitaremos  $2 \times 2 = 4$  fichas cubriendo los huecos que representan ese contrato.
  - Que funcione al 50% de la Capacidad Máxima del Distribution Center A y B original a partir de las 2 semanas del fallo. Para ello necesitaremos además de las 4 fichas que cubren el contrato anterior,  $1 \times 2 = 2$  que cubran el del 50% en 2 semanas.
  - Que funcione al 100% de la Capacidad Máxima del Distribution Center A y B original a partir de las 4 semanas del fallo. Para ello necesitaremos las  $2 \times 2 = 4$  fichas que cubran el contrato de “50% 4w” y  $1 \times 2 = 2$  que cubran el de 100% en 4 semanas.
  - Que funcione al 100% de la Capacidad Máxima del Distribution Center A y B original a partir de las 2 semanas del fallo. Para ello necesitaremos un total de 10 fichas:  $2 \times 2 = 4$  que cubran el contrato de “50% 4w”,  $1 \times 2 = 2$  que cubran indistintamente bien el “50% 2w” o bien “100% 4w”, y por último  $2 \times 2 = 4$  que cubran el “100% 2w”.

### 2.3. Descripción general del juego

Antes de describir como sería el funcionamiento del juego, es necesario tener claro que los dos jugadores disponen de cadenas de suministro exactamente iguales y que sirven a los mismos clientes en dos mercados distintos A y B. En el caso de que no sean capaces entre los dos de cubrir el 100% de la demanda de alguno de los dos mercados, existe un suministrador alternativo que siempre va a ser capaz de cubrir el porcentaje de demanda que quede insatisfecha. El esquema de la Fig. 2.3 sirve para aclarar estas ideas previas.

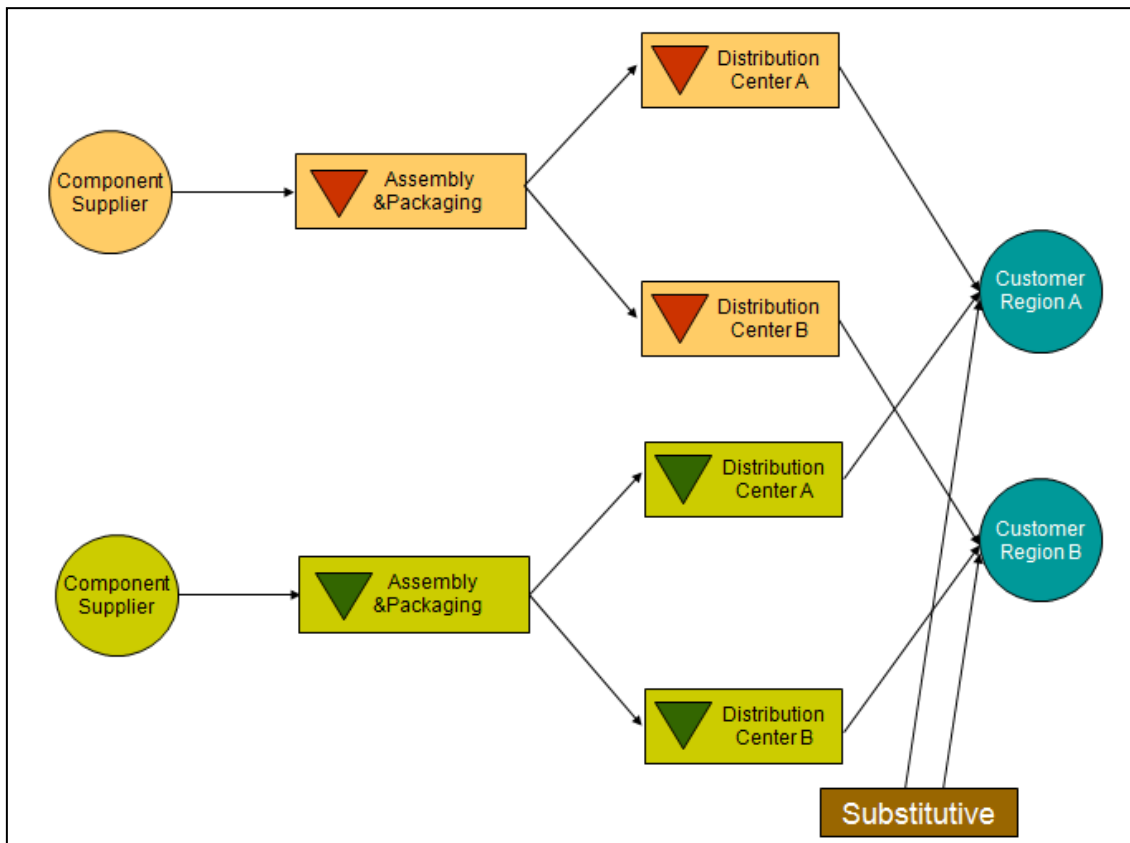


Fig. 2.3. Esquema cadenas de suministro + Alternativo.

El juego tiene que empezar con una situación inicial de partida, y para eso lo primero que se va a definir antes de jugar son las condiciones iniciales en las que se encuentra el mercado para las dos cadenas de suministro. Estos datos iniciales se describirán detalladamente en próximos capítulos, pero a modo de breve introducción podemos decir que son fundamentalmente las siguientes:

- La demanda media de cada uno de los dos mercados.
- La cuota de mercado que pertenece a cada una de las cadenas de suministro, para los dos mercados en los que operan.
- Los Stocks de Seguridad iniciales de Assembly & Packaging, Distribution Center A y B.
- Los pedidos iniciales que hacen los centros de distribución al Assembly & Packaging y los que este último hace a su vez al Component Supplier.
- Las capacidades máximas de:
  - Máxima capacidad de Distribution Center A y B: fija la cantidad máxima que son capaces de entregar en una semana.
  - Máxima capacidad de Assembly & Packaging: representa el máximo número de piezas que es capaz de fabricar en una semana.
  - Máxima capacidad del Component Supplier: es el máximo número de pedidos que es capaz de atender en una semana.

A partir de estos datos iniciales se simularán 8 semanas de funcionamiento de las dos cadenas de suministro sin ningún tipo de incidencia (Warm Up). A continuación, empezará el proceso normal del juego:

- Ambos jugadores situarán sus fichas en el tablero de Backup siguiendo las instrucciones anteriormente explicadas. De esta manera cada uno diseñará la estrategia que más le convenga o que más oportuna considere decidiendo sobre sus stocks de seguridad y sus backups.
- El jugador que dispone del turno de juego tirará el dado de las incidencias (ver Fig. 2.4 Imagen (A)) que determinará donde se produce la incidencia:
  - Component Supplier: provocará que este no pueda procesar pedidos hasta que funcione el Backup (si es que se ha contratado) o hasta que finalice el fallo.
  - Assembly & Packaging: supone que la fábrica no podrá fabricar ningún producto hasta que funcione el Backup (si es que se ha contratado) o hasta que finalice el fallo.
  - Path to Distribution Center A: significa que el camino por el que llevamos nuestros productos al centro de distribución no está disponible y tendremos que llevarlos por uno alternativo. Este nuevo camino tiene una duración de 4 semanas respecto a las 2 del original.
  - Path to Distribution Center B: significa que el camino por el que llevamos nuestros productos al centro de distribución no está disponible y tendremos que llevarlos por uno alternativo. Este nuevo camino tiene una duración de 5 semanas respecto a las 3 del original.
  - Distribution Center A o B: en este caso el centro de distribución en el que se haya producido la incidencia no será capaz de satisfacer la demanda que debe de cubrir hasta que no funcione el Backup (si se ha contratado) o hasta que finalice el fallo.
- Una vez conocida la incidencia, se tirará el dado de las incidencias (ver Fig. 2.4 Imagen (B)) que determinará las semanas que va a durar el fallo. Existen diferentes situaciones en función del valor que salga en el dado:
  - Si la cifra es par se perderá la cantidad de material o el pedido que hubiera en el lugar de la cadena donde se produzca el fallo. Por eso el fondo rojo del dado en esas casillas (ver Fig. 2.4 IMAGEN (B)). Por ejemplo, si la incidencia afecta al Component Supplier y el número de semanas del fallo es par, se perderán todos los pedidos que estuvieran reflejados en la casilla del propio Component Supplier.
  - Si el valor del dado es 1, 2 ó 3 el fallo sólo afectará al jugador que tenga el turno en ese momento. Pero si es 4, 5 ó 6 el fallo afectará igualmente a ambos jugadores. Por eso el doble color en los puntos (ver Fig. 2.4. IMAGEN (B)).
- Después de conocer cuáles son las estrategias de ambos jugadores y las características del fallo, se simularán de nuevo 8 semanas de funcionamiento de las dos cadenas. Esto nos arrojará unos datos finales que nos servirán para conocer el estado de los dos jugadores y que servirán como punto de partida para simular los siguientes fallos.
- Todo este proceso se repetirá hasta que alguno de los dos jugadores pierda totalmente la cuota de mercado en alguna de sus dos zonas de venta a favor de su contrincante.

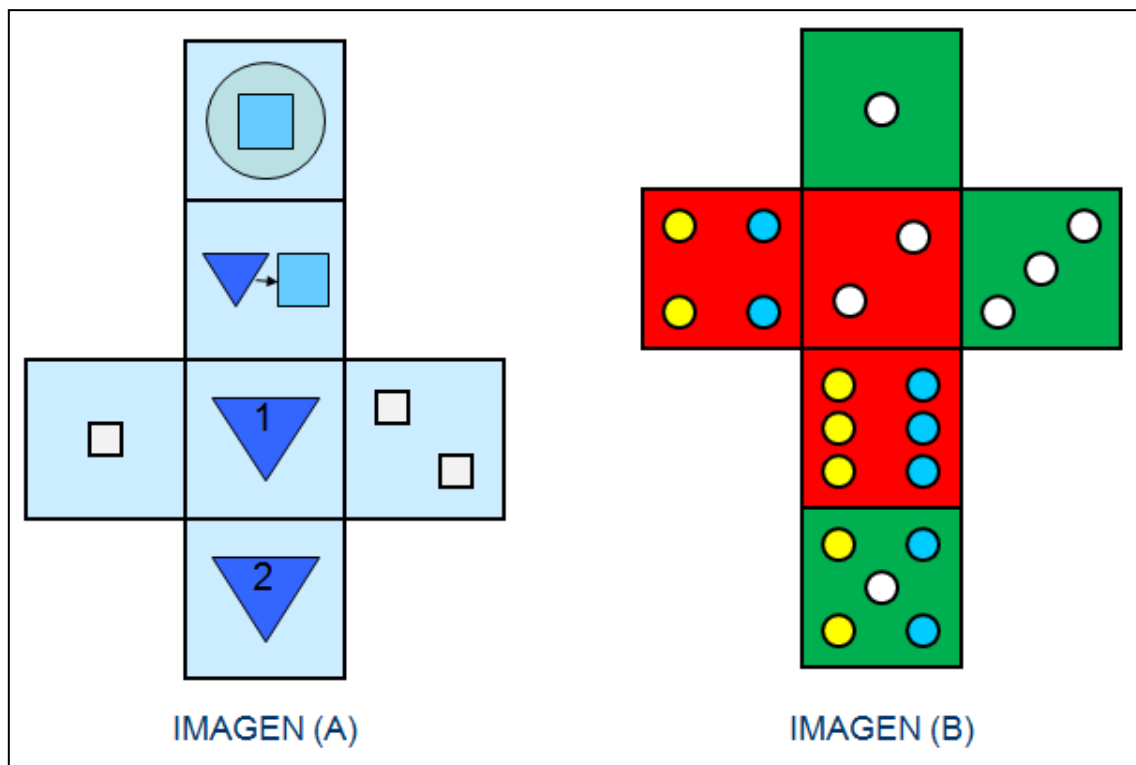


Fig. 2.4. Dados de Juego.

## 2.4. Incidencias

Las incidencias son la parte fundamental del juego, pues se van sucediendo de forma continua hasta el final de la partida. Por ello vamos explicar cada una de ellas haciendo referencia a los posibles Backups, ya comentados, que se pueden contratar para paliarlas.

### 2.4.1. Incidencia en el Component Supplier

Supone que durante un número de semanas que determinará el dado, el suministrador no podrá enviar los pedidos hacia el Assembly & Packaging. Este parón en el envío de los pedidos finalizará por dos situaciones:

- Porque el fallo termine, es decir, una vez pasen el número de semanas que salieron en el dado. A partir de esa semana el funcionamiento será exactamente igual que antes de la incidencia.
- Porque se haya decidido al principio del turno de juego contratar un Backup para el Component Supplier.

En este último caso, se contará con un suministrador alternativo que llamaremos Alternative Component Supplier (ver Fig. 2.5). Al seleccionar el contrato de backup con el Component Supplier, como ya se ha explicado previamente, podremos elegir dos aspectos de funcionamiento de este componente alternativo que son:

- La semana a partir de la cual queremos que actúe: a las 2 semanas o a las 4 semanas.

- Si queremos que tenga la misma capacidad máxima de procesar pedidos que el original o la mitad de esta: 50% de su capacidad máxima o 100% de su capacidad máxima

Por supuesto, el funcionamiento del alternativo finalizará cuando el fallo concluya y será de nuevo el original quien sirva los pedidos.

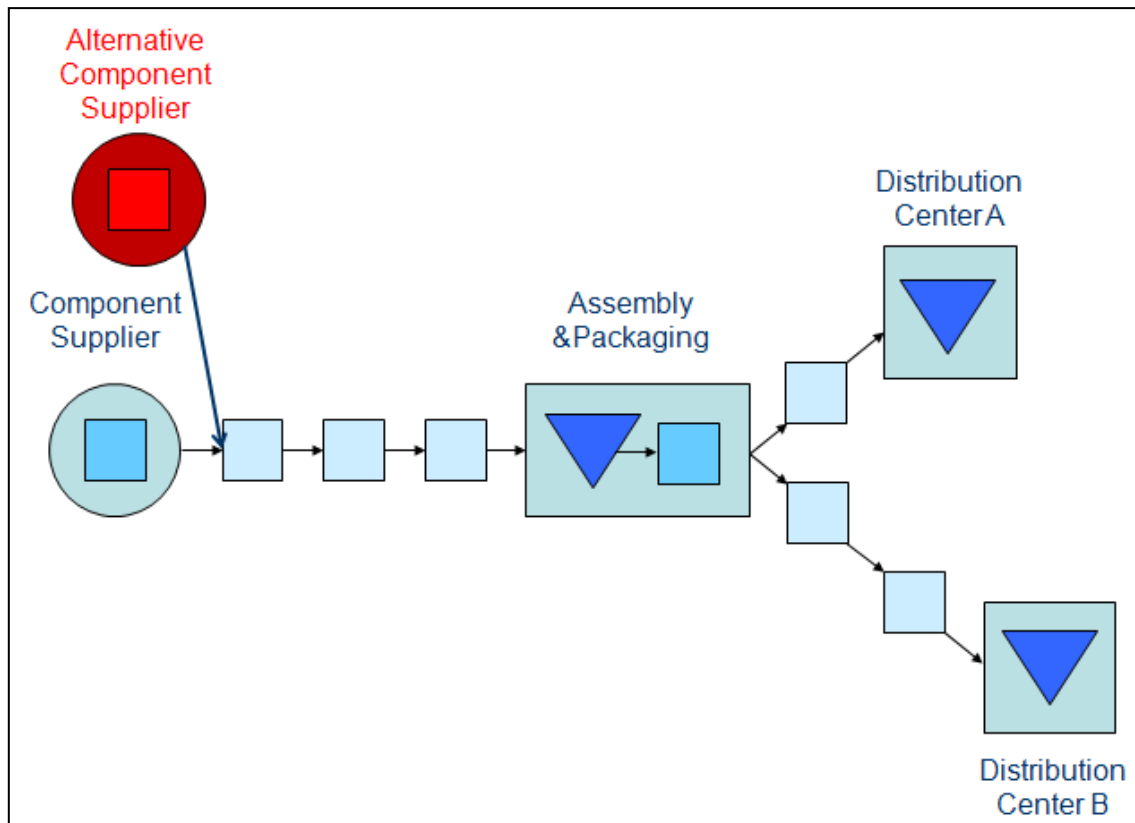


Fig. 2.5. Alternative Component Supplier.

#### 2.4.2. Incidencia en el Assembly & Packaging

Durante del número de semanas que dure el fallo no podremos fabricar ningún artículo. Por tanto, todos los pedidos se quedarán estancados en el almacén de mi Assembly & Packaging a menos que:

- Finalice la incidencia.
- Que tengamos contratado algún tipo de backup para este fallo.

En el segundo caso, contaremos con una fábrica alternativa que llamaremos Alternative Assembly & Packaging (ver Fig. 2.6), en la que de nuevo podemos elegir entre dos aspectos de su funcionamiento:

- Que actúe a partir de las 2 ó las 4 semanas.
- Que funcione al 50% ó al 100% de la capacidad máxima de fabricación de la original.

Cuando el fallo finalice volverá a funcionar el Assembly & Packaging original exactamente igual que antes.

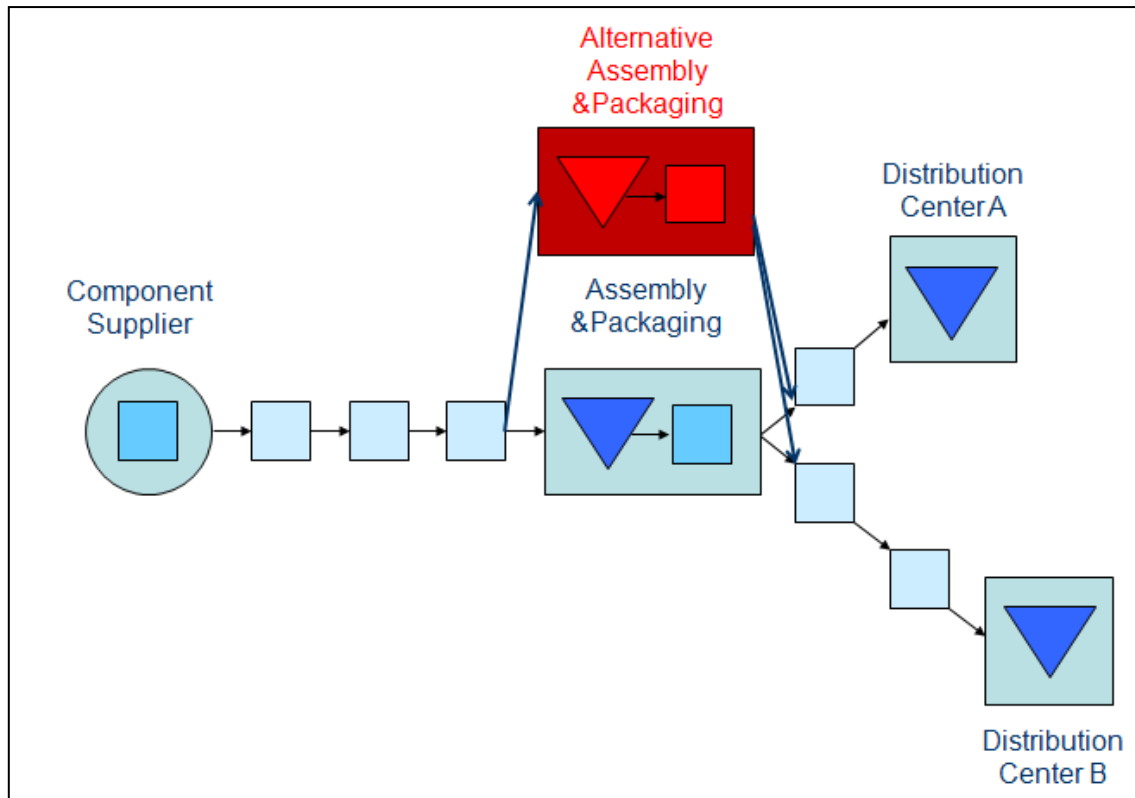


Fig. 2.6. Alternative Assembly & Packaging.

### 2.4.3. Incidencia en el Path to DCA o DCB

Implica que durante el número de semanas que se mantenga el fallo los caminos originales por los que circulan los pedidos hacia los centros de distribución no están disponibles. Entonces se genera un camino alternativo que será más largo que el original.

Este fallo se puede dar bien en Path to DCA, o bien en Path to DCB, pero no simultáneamente. Y los caminos alternativos que se generan tienen dos posiciones más que los originales, es decir, son dos semanas más largos (ver Fig. 2.7 y Fig. 2.8).

En esta incidencia no se da la posibilidad de contratar ningún tipo de backup.

Una vez concluya el fallo los productos seguirán el camino original, menos los que se encuentran en pasos intermedios del alternativo que tendrán que continuar por el mismo hasta llegar al centro de distribución correspondiente.

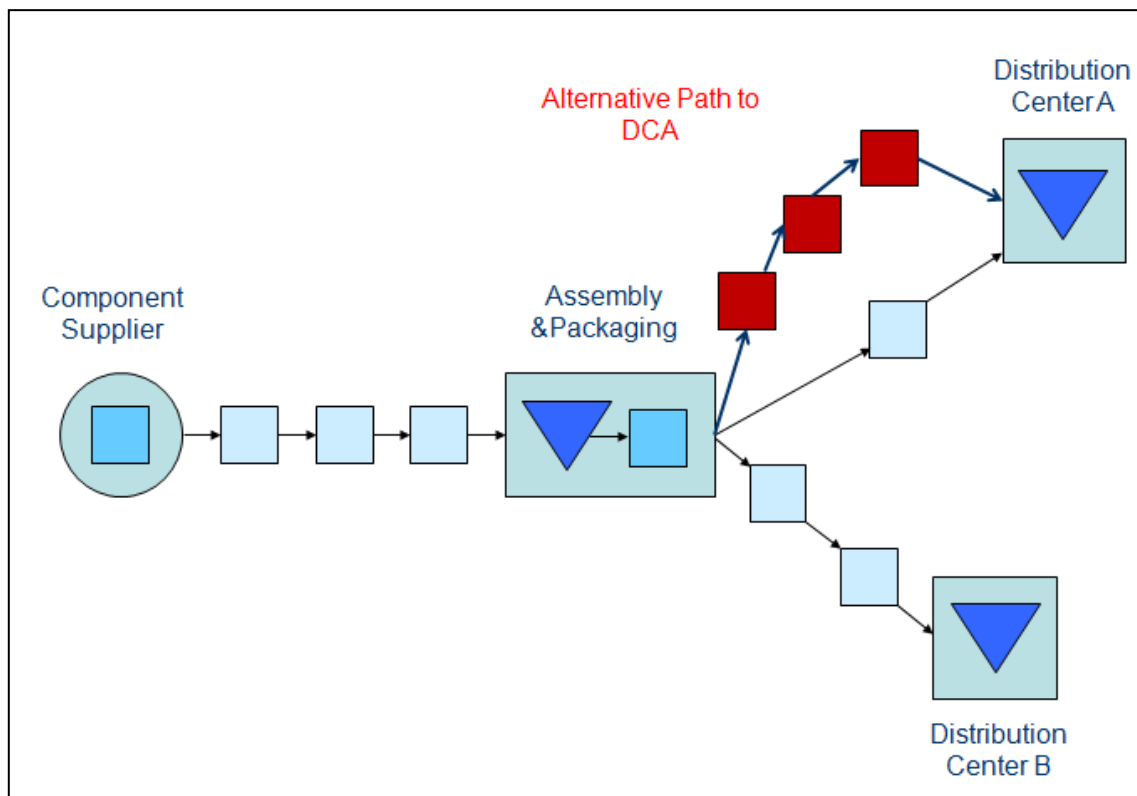


Fig. 2.7. Alternative Path to DCA.

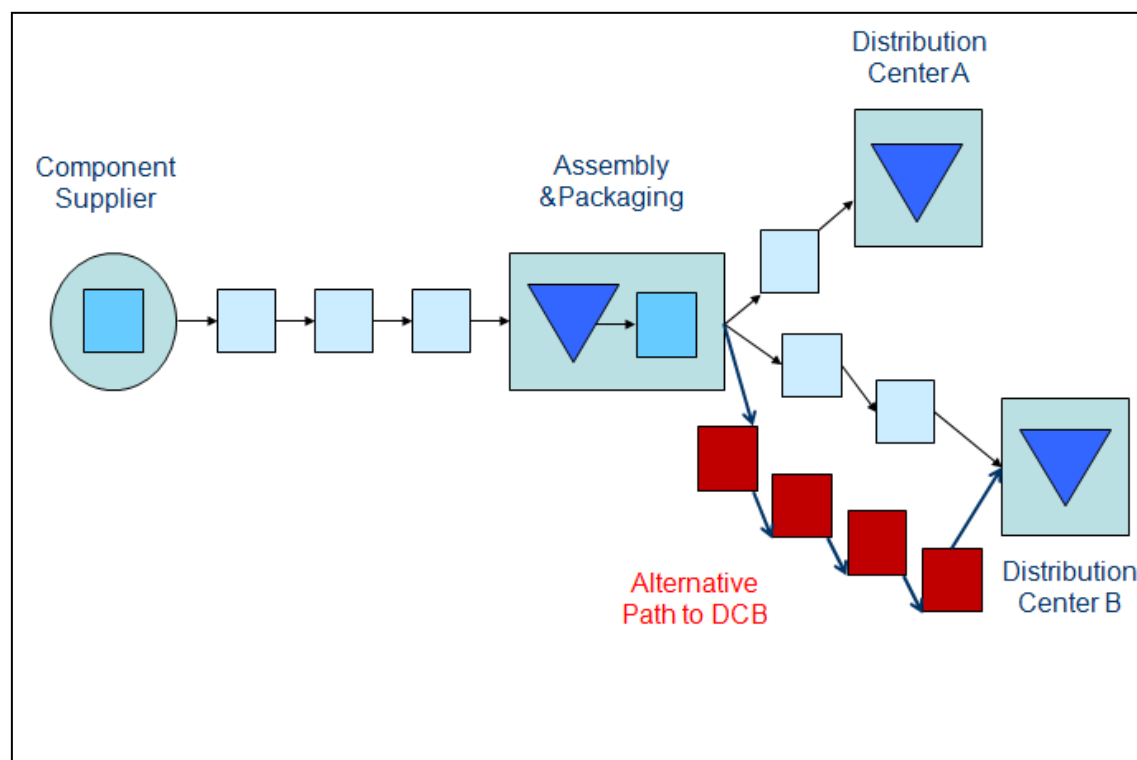


Fig. 2.8. Alternative Path to DCB.

#### 2.4.4. Incidencia en el Distribution Center A o Distribution Center B

Durante las semanas que dure la incidencia el centro de distribución afectado no podrá cubrir la demanda que tiene. En el caso de que se tenga contratado backup se dispondrá de un Alternative Distribution Center (ver Fig. 2.9 y Fig. 2.10) que nos permitirá elegir de nuevo entre:

- Que actúe a partir de las 2 ó las 4 semanas.
- Que funcione al 50% ó al 100% de la capacidad máxima de entrega del original.

Una vez finalicen las semanas del fallo volverá a funcionar el Distribution Center original tal y como lo hacía antes de la incidencia.

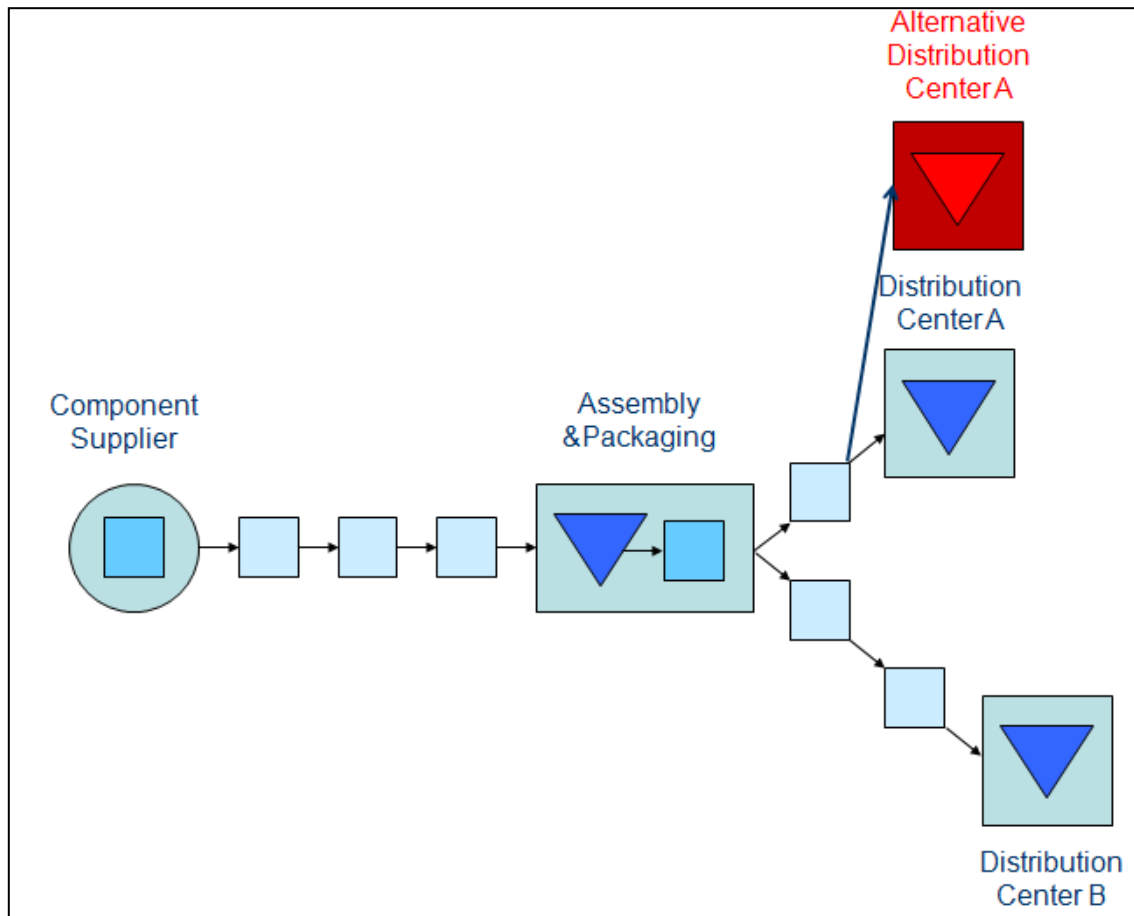


Fig. 2.9. Alternative Distribution Center A.



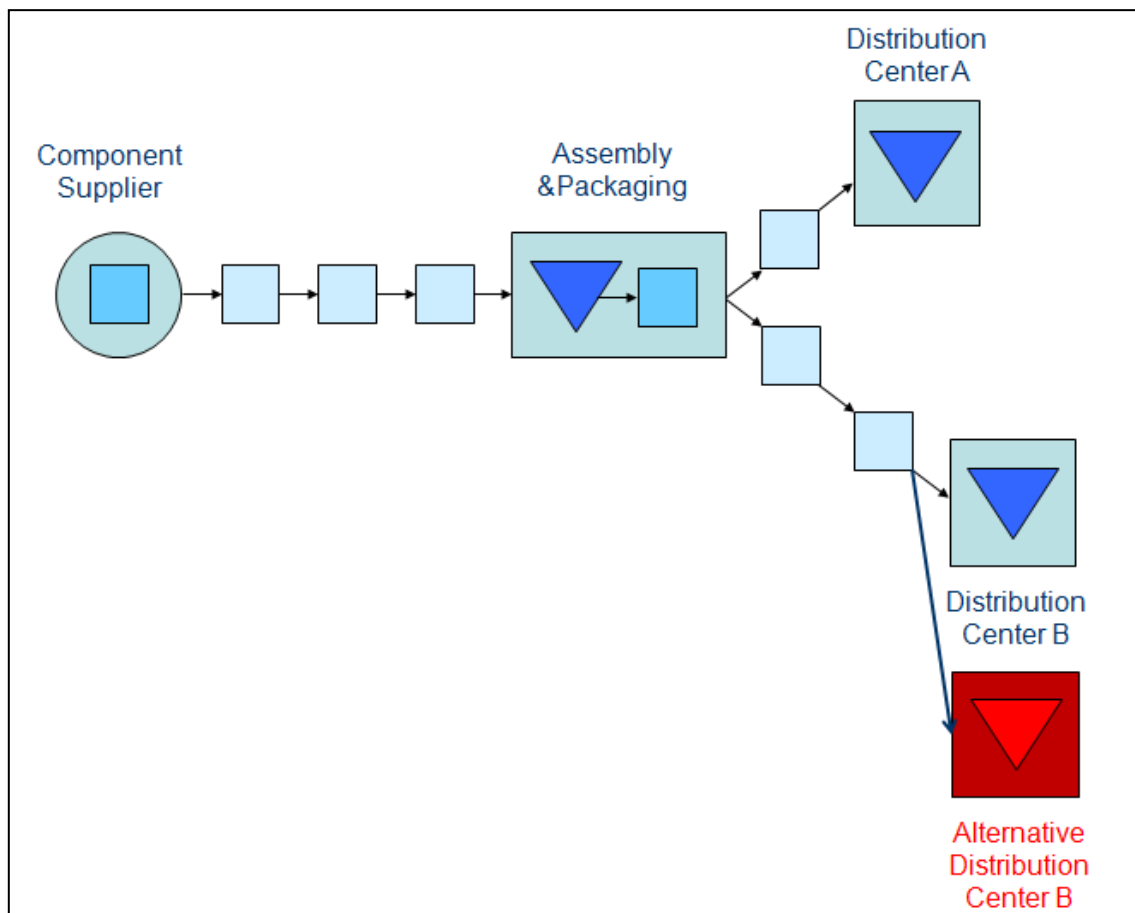


Fig. 2.10. Alternative Distribution Center B.

### 3. DISEÑO DEL JUEGO

Todo el diseño de juego se apoya en un Libro de Excel que cuenta con 8 hojas:

- INITIAL CONDITIONS: donde definimos los datos iniciales necesarios para comenzar el juego.
- WARM UP: donde se calculan las primeras 8 semanas exentas de incidencias.
- COMPONENT SUPPLIER: incidencia en el Component Supplier.
- ASSEMBLY & PACKAGING: incidencia en el Assembly & Packaging.
- PATH TO DCA: incidencia en el camino hacia el DCA.
- PATH TO DCB: incidencia en el camino hacia el DCB.
- DCA: incidencia en el DCA.
- DCB: incidencia en el DCB.

Durante este capítulo se explicará el diseño de la hoja de las condiciones iniciales. Además resumiremos las distintas opciones que existen para contratar Stock de Seguridad y Backup. Y por último se detallarán los 5 movimientos que se producen en el transcurso de cada semana.

#### 3.1. Datos Iniciales

Nuestra primera hoja del libro Excel, llamada Initial Conditions, recoge todos los datos iniciales necesarios para comenzar la partida. Dentro de la misma hay tres columnas distintas:

- Supply Chain Data: que pregunta por datos comunes a ambas cadenas de suministro.
- Initialization SC1: son los datos que caracterizan al jugador 1.
- Initialization SC2: son los datos que caracterizan al jugador 2.

##### 3.1.1. Supply Chain Data

Los datos necesarios para completar esta primera columna son los siguientes (ver Fig. 3.1):

- Average Demand A y B: son las demandas totales de cada zona de distribución. Van a ser constantes a lo largo de toda la partida.
- Standard Deviation A y B: es la desviación típica de la demanda. Al ser constante la demanda, la consideramos nula, pero se incluye para posibles extensiones.
- Lead Time Distribution Center A (LT DC-A): representa el número de semanas que tarda un pedido en llegar al Centro de Distribución A desde que sale del Assembly & Packaging. En este caso 2 semanas. Como la estructura de la cadena de suministro no va a variar, este valor va a ser siempre el mismo en cualquiera de las partidas que se juegue.
- Lead Time Distribution Center B (LT DC-B): representa el número de semanas que tarda un pedido en llegar al Centro de Distribución B desde que sale del Assembly & Packaging. En este caso 3 semanas. Como la estructura de la cadena de suministro no va a variar, este valor va a ser siempre el mismo en cualquiera de las partidas que se juegue.
- Lead Time Assembly & Packaging (LT A&P): representa el número de semanas que tarda un pedido en llegar al Assembly & Packaging desde que sale del Component Supplier. En este caso 4 semanas. Como la estructura de la cadena de suministro no va a variar, este valor va a ser siempre el mismo en cualquiera de las partidas que se juegue.

- Coef. Max Capacity SC1/SC2 A&P: este coeficiente multiplicado por la suma de la demanda media en ambos mercados fijará la máxima capacidad que es capaz de fabricar nuestro Assembly & Packaging en una semana.
- Coef. Max Capacity SC1/SC2- DCA: este coeficiente multiplicado por la demanda media del Distribution Center A fijará la máxima demanda que es capaz de cubrir el DCA en una semana.
- Coef. Max Capacity SC1/SC2- DCB: este coeficiente multiplicado por la demanda media del Distribution Center B fijará la máxima demanda que es capaz de cubrir el DCB en una semana.

SUPPLY CHAIN DATA	
Average Demand A	200
Std. Deviation A	1,00E-11
Average Demand B	200
Std. Deviation B	1,00E-11
LT DC-A	2
LT DC-B	3
LT A&P	4
Coef. Max Capacity SC1-A&P	1
Coef. Max Capacity SC1-Comp. Supplier.	2
Coef. Max Capacity SC1-DCA	1,5
Coef. Max Capacity SC1-DCB	1,5
Coef. Max Capacity SC2-A&P	1
Coef. Max Capacity SC2-Comp. Supplier.	2
Coef. Max Capacity SC2-DCA	1,5
Coef. Max Capacity SC2-DCB	1,5

Fig. 3.1. Supply Chain Data.

### 3.1.2. Initialization SC1

En esta columna completamos los datos que caracterizaran inicialmente a la cadena de suministro del jugador 1 (ver Fig. 3.2):

- Initial Share A: cuota de mercado inicial del jugador 1 en la zona de venta A.
- Initial Share B: cuota de mercado inicial del jugador 1 en la zona de venta B.
- On-Hand DC-A (weeks of SS): representa el número de semanas que el Distribution Center A puede cubrir la demanda que se tiene actualmente si no le llegan los pedidos que ha realizado anteriormente.
- On-Hand DC-A (units): para aguantar las semanas que se han decidido previamente necesitamos calcular el material:

$$On\ Hand\ DCA(Units)$$

$$= Average\ Demand\ A \times Initial\ Share\ A \quad (3.1)$$

$$\times On\ Hand\ DCA(weeks\ of\ SS)$$

- On-Hand DC-B (weeks of SS): representa el número de semanas que el Distribution Center B puede cubrir la demanda que se tiene actualmente si no le llegan los pedidos que ha realizado anteriormente.
- On-Hand DC-B (units): para aguantar las semanas que se han decidido previamente necesitamos calcular el material:

$$On\ Hand\ DCB(Units)$$

$$= Average\ Demand\ B \times Initial\ Share\ B \quad (3.2)$$

$$\times On\ Hand\ DCB(weeks\ of\ SS)$$

- On-Hand A&P (weeks of SS): representa el número de semanas que el Assembly & Packaging, sin que le lleguen los pedidos del C.Supplier, podría hacer frente a las órdenes de producción que se exigirían con la demanda total que hay en la cadena.
- On-Hand A&P (units): para aguantar las semanas que se han decidido previamente necesitamos calcular el material:

$$On\ Hand\ A\&P(Units)$$

$$= ((Average\ Demand\ A \times Initial\ Share\ A) \quad (3.3)$$

$$+ (Average\ Demand\ B \times Initial\ Share\ B))$$

$$\times On\ Hand\ A\&P(weeks\ of\ SS)$$

- Initializ. Orders DC-A (weeks): representa el número de semanas para las que queremos tener cubierta la demanda actual en la Región A mediante órdenes que hacemos al Assembly & Packaging.
- Initializ. Orders DC-A (units): el número de semanas anterior se traduce en unidades de material de la siguiente manera:

$$Initializ.\ Orders\ DCA(Units)$$

$$= Average\ Demand\ A \times Initial\ Share\ A \quad (3.4)$$

$$\times Initializ.\ Orders\ DCA\ (weeks)$$

- Initializ. Orders DC-B (weeks): representa el número de semanas para las que queremos tener cubierta la demanda actual en la Región B mediante órdenes que hacemos al Assembly & Packaging.
- Initializ. Orders DC-B (units): el número de semanas anterior se traduce en unidades de material de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 & \text{Initializ. Orders DCB(Units)} \\
 &= \text{Average Demand B} \times \text{Initial Share B} \\
 &\times \text{Initializ. Orders DCB (weeks)}
 \end{aligned} \tag{3.5}$$

- Initializ. Orders A&P (weeks): representa el número de semanas para las que queremos tener cubiertas las posibles órdenes de producción venideras, teniendo en cuenta la demanda actual total de la cadena SC1, es decir, cuota de mercado en la Región A y en la Región B.
- Initializ. Orders A&P (units): para calcular el valor en pedidos del número de semanas hacemos lo siguiente:

$$\begin{aligned}
 & \text{Initializ. Orders A\&P(Units)} \\
 &= ((\text{Average Demand A} \times \text{Initial Share A}) \\
 &+ (\text{Average Demand B} \times \text{Initial Share B})) \\
 &\times \text{Initializ. Orders A\&P(weeks)}
 \end{aligned} \tag{3.6}$$

- Available<sub>0</sub> (SC1-DCA): es el disponible previo en el que nos apoyaremos para calcular los siguientes. El disponible se calcula normalmente como: “lo que tenemos”+”lo que hemos pedido”-”lo que vamos a entregar en la semana”-”lo que debemos de semanas anteriores”. Pero al estar en una situación inicial el cálculo se simplifica a:

$$\begin{aligned}
 & \text{Available}_0(\text{SC1 DCA}) \\
 &= \text{On Hand DCA(Units)} + (\text{LT\_DCA} - 1) \\
 &\times \text{Initializ. Orders DCA(Units)}
 \end{aligned} \tag{3.7}$$

- Available<sub>0</sub> (SC1-DCB): de la misma manera lo calculamos para la región B:

$$\begin{aligned}
 & \text{Available}_0(\text{SC1 DCB}) \\
 &= \text{On Hand DCB(Units)} + (\text{LT\_DCB} - 1) \\
 &\times \text{Initializ. Orders DCB(Units)}
 \end{aligned} \tag{3.8}$$

- $Available_0$  (SC1-A&P): siguiendo con la misma idea que con los anteriores calculamos:

$$\begin{aligned} & Available_0(SC1\ A\&P) \\ &= On\ Hand\ A\&P(Units) + (LT\_A\&P - 1) \\ &\times Initializ.\ Orders\ A\&P(Units) \end{aligned} \quad (3.9)$$

- Max. Capacity SC1-DCA: representa la máxima cantidad que es capaz de entregar SC1 en su región A en una semana:

$$\begin{aligned} & Max.\ Capacity\ SC1\_DCA(Units) \\ &= Average\ Demand\ A \times Coef.\ Max\ Capacity\ SC1\_DCA \end{aligned} \quad (3.10)$$

- Max. Capacity SC2-DCB: representa la máxima cantidad que es capaz de entregar SC1 en su región B en una semana:

$$\begin{aligned} & Max.\ Capacity\ SC1\_DCB(Units) \\ &= Average\ Demand\ B \times Coef.\ Max\ Capacity\ SC1\_DCB \end{aligned} \quad (3.11)$$

- Max. Capacity SC1-A&P: representa la máxima cantidad que es capaz de fabricar el SC1-A&P en una semana:

$$\begin{aligned} & Max.\ Capacity\ SC1\_A\&P(Units) \\ &= (Average\ Demand\ A + Average\ Demand\ B) \\ &\times Coef.\ Max\ Capacity\ SC1\_A\&P \end{aligned} \quad (3.12)$$

- Max. Capacity SC1-Comp. Supplier: representa el número máximo de pedidos que es capaz de entregar el Comp. Supplier en una semana:

$$\begin{aligned} & Max.\ Capacity\ SC1\_Comp.\ Supplier(Units) \\ &= (Average\ Demand\ A + Average\ Demand\ B) \\ &\times Coef.\ Max\ Capacity\ SC1\_Comp.\ Supplier \end{aligned} \quad (3.13)$$

INITIALIZATION SC1	
Initial share A	0,5
Initial share B	0,5
On-Hand DC-A (weeks of SS)	2
On-Hand DC-A (units)	200
On-Hand DC-B (weeks of SS)	2
On-Hand DC-B (units)	200
On-Hand A&P (weeks of SS)	2
On-Hand A&P (units)	400
Initializ. Orders DC-A (weeks)	1
Initializ. Orders DC-A (units)	100
Initializ. Orders DC-B (weeks)	1
Initializ. Orders DC-B (units)	100
Initializ. Orders A&P (weeks)	1
Initializ. Orders A&P (units)	200
Available0(SC1-DCA)	300
Available0(SC1-DCB)	400
Available0(SC1-A&P)	1000
Max. Capacity SC1-DCA	300
Max. Capacity SC1-DCB	300
Max. Capacity SC1-A&P	400
Max. Capacity SC1-Comp. Supplier	800

Fig. 3.2. Initialization SC1.

### 3.1.3. Initialization SC2

En esta columna completamos los datos que caracterizaran inicialmente a la cadena de suministro del jugador 2 (ver Fig. 3.3):

- Initial Share A: cuota de mercado inicial del jugador 2 en la zona de venta A.
- Initial Share B: cuota de mercado inicial del jugador 2 en la zona de venta B.
- On-Hand DC-A (weeks of SS): representa el número de semanas que el Distribution Center A puede cubrir la demanda que se tiene actualmente si no le llegan los pedidos que ha realizado anteriormente.
- On-Hand DC-A (units): para aguantar las semanas que se han decidido previamente necesitamos calcular el material:

$$\begin{aligned}
 & \text{On Hand DCA(Units)} \\
 &= \text{Average Demand A} \times \text{Initial Share A} \\
 &\times \text{On Hand DCA(weeks of SS)}
 \end{aligned}
 \tag{3.14}$$

- On-Hand DC-B (weeks of SS): representa el número de semanas que el Distribution Center B puede cubrir la demanda que se tiene actualmente si no le llegan los pedidos que ha realizado anteriormente.
- On-Hand DC-B (units): para aguantar las semanas que se han decidido previamente necesitamos calcular el material:

$$\begin{aligned}
 & \text{On Hand DCB(Units)} \\
 &= \text{Average Demand B} \times \text{Initial Share B} \\
 &\times \text{On Hand DCB(weeks of SS)}
 \end{aligned}
 \tag{3.15}$$

- On-Hand A&P (weeks of SS): representa el número de semanas que el Assembly & Packaging, sin que le lleguen los pedidos del C.Supplier, podría hacer frente a las órdenes de producción que se exigirían con la demanda total que hay en la cadena.
- On-Hand A&P (units): para aguantar las semanas que se han decidido previamente necesitamos calcular el material:

$$\begin{aligned}
 & \text{On Hand A\&P(Units)} \\
 &= ((\text{Average Demand A} \times \text{Initial Share A}) \\
 &+ (\text{Average Demand B} \times \text{Initial Share B})) \\
 &\times \text{On Hand A\&P(weeks of SS)}
 \end{aligned}
 \tag{3.16}$$

- Initializ. Orders DC-A (weeks): representa el número de semanas para las que queremos tener cubierta la demanda actual en la Región A mediante órdenes que hacemos al Assembly & Packaging.
- Initializ. Orders DC-A (units): el número de semanas anterior se traduce en unidades de material de la siguiente manera:

$$\begin{aligned}
 & \text{Initializ. Orders DCA(Units)} \\
 &= \text{Average Demand A} \times \text{Initial Share A} \\
 &\times \text{Initializ. Orders DCA (weeks)}
 \end{aligned}
 \tag{3.17}$$

- Initializ. Orders DC-B (weeks): representa el número de semanas para las que queremos tener cubierta la demanda actual en la Región B mediante órdenes que hacemos al Assembly & Packaging.
- Initializ. Orders DC-B (units): el número de semanas anterior se traduce en unidades de material de la siguiente manera:



$$\text{Initializ. Orders DCB(Units)}$$

$$= \text{Average Demand B} \times \text{Initial Share B} \quad (3.18)$$

$$\times \text{Initializ. Orders DCB (weeks)}$$

- Initializ. Orders A&P (weeks): representa el número de semanas para las que queremos tener cubiertas las posibles órdenes de producción venideras, teniendo en cuenta la demanda actual total de la cadena SC2, es decir, cuota de mercado en la Región A y en la Región B.
- Initializ. Orders A&P (units): para calcular el valor en pedidos del número de semanas hacemos lo siguiente:

$$\text{Initializ. Orders A\&P(Units)}$$

$$= ((\text{Average Demand A} \times \text{Initial Share A})$$

$$+ (\text{Average Demand B} \times \text{Initial Share B})) \quad (3.19)$$

$$\times \text{Initializ. Orders A\&P(weeks)}$$

- Available<sub>0</sub> (SC2-DCA): es el disponible previo en el que nos apoyaremos para calcular los siguientes. El disponible se calcula normalmente como: “lo que tenemos”+”lo que hemos pedido”-”lo que vamos a entregar en la semana”-”lo que debemos de semanas anteriores”. Pero al estar en una situación inicial el cálculo se simplifica a:

$$\text{Available}_0(\text{SC2 DCA})$$

$$= \text{On Hand DCA(Units)} + (\text{LT\_DCA} - 1) \quad (3.20)$$

$$\times \text{Initializ. Orders DCA(Units)}$$

- Available<sub>0</sub> (SC2-DCB): de la misma manera lo calculamos para la región B:

$$\text{Available}_0(\text{SC2 DCB})$$

$$= \text{On Hand DCB(Units)} + (\text{LT\_DCB} - 1) \quad (3.21)$$

$$\times \text{Initializ. Orders DCB(Units)}$$

- Available<sub>0</sub> (SC2-A&P): siguiendo con la misma idea que con los anteriores calculamos:

$$\begin{aligned}
 & Available_0(SC2\ A\&P) \\
 & = On\ Hand\ A\&P(Units) + (LT_{A\&P} - 1) \\
 & \times Initializ.\ Orders\ A\&P(Units)
 \end{aligned}
 \tag{3.22}$$

- Max. Capacity SC2-DCA: representa la máxima cantidad que es capaz de entregar SC2 en su región A en una semana:

$$\begin{aligned}
 & Max.\ Capacity\ SC2\_DCA(Units) \\
 & = Average\ Demand\ A \times Coef.\ Max\ Capacity\ SC2\_DCA
 \end{aligned}
 \tag{3.23}$$

- Max. Capacity SC2-DCB: representa la máxima cantidad que es capaz de entregar SC1 en su región B en una semana:

$$\begin{aligned}
 & Max.\ Capacity\ SC2\_DCB(Units) \\
 & = Average\ Demand\ B \times Coef.\ Max\ Capacity\ SC2\_DCB
 \end{aligned}
 \tag{3.24}$$

- Max. Capacity SC2-A&P: representa la máxima cantidad que es capaz de fabricar el SC2-A&P en una semana:

$$\begin{aligned}
 & Max.\ Capacity\ SC2\_A\&P(Units) \\
 & = (Average\ Demand\ A + Average\ Demand\ B) \\
 & \times Coef.\ Max\ Capacity\ SC2\_A\&P
 \end{aligned}
 \tag{3.25}$$

- Max. Capacity SC2-Comp. Supplier: representa el número máximo de pedidos que es capaz de entregar el Comp. Supplier en una semana:

$$\begin{aligned}
 & Max.\ Capacity\ SC2\_Comp.\ Supplier(Units) \\
 & = (Average\ Demand\ A + Average\ Demand\ B) \\
 & \times Coef.\ Max\ Capacity\ SC2\_Comp.\ Supplier
 \end{aligned}
 \tag{3.26}$$

INITIALIZATION SC2	
Initial share A	0,5
Initial share B	0,5
On-Hand DC-A (weeks of SS)	2
On-Hand DC-A (units)	200
On-Hand DC-B (weeks of SS)	2
On-Hand DC-B (units)	200
On-Hand A&P (weeks of SS)	2
On-Hand A&P (units)	400
Initializ. Orders DC-A (weeks)	1
Initializ. Orders DC-A (units)	100
Initializ. Orders DC-B (weeks)	1
Initializ. Orders DC-B (units)	100
Initializ. Orders A&P (weeks)	1
Initializ. Orders A&P (units)	200
Available0(SC2-DCA)	300
Available0(SC2-DCB)	400
Available0(SC2-A&P)	1000
Max. Capacity SC2-DCA	300
Max. Capacity SC2-DCB	300
Max. Capacity A&P	400
Max. Capacity Comp. Supplier	800

Fig. 3.3. Initialization SC2.

### 3.2. Opciones detalladas de los dos jugadores

En cada turno, antes de saber el resultado de los dados, los jugadores siempre van a poder diseñar sus estrategias de acuerdo con las distintas opciones que se les ofrece en cuanto a Backup y Stock de Seguridad. Estas opciones ya se describieron previamente cuando se explicó el Tablero de Backup.

Vamos a hacer un breve resumen esquemático de las posibles decisiones que pueden tomar los jugadores (ver Fig. 3.4).

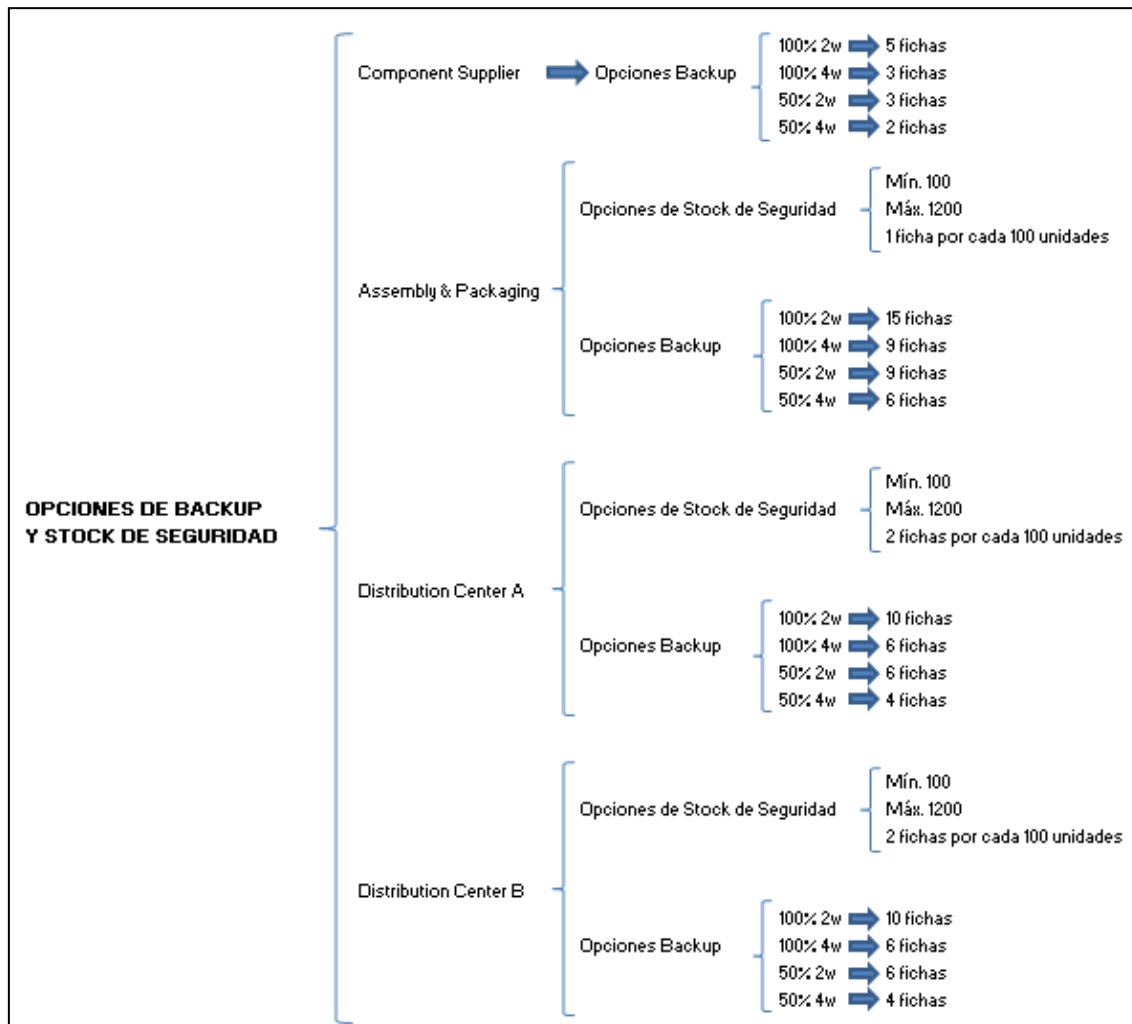


Fig. 3.4. Opciones de Backup y Stock de Seguridad.

### 3.3. Dinámica de los 5 pasos

Durante cada semana de desarrollo del juego se van a suceder siempre 5 pasos básicos que provocan el movimiento del material y de los pedidos a lo largo de la cadena de suministro. Para poder explicarlos nos vamos a apoyar en una situación inicial de partida (ver Fig. 3.5):

En este punto de partida existe un pedido de 200 unidades en el Component Supplier listo para ser enviado hacia el Assembly & Packaging. A continuación, tenemos 200+200+200 pedidos dirigiéndose hacia el Assembly & Packaging. En este último, nos encontramos 400 unidades ya recibidas y listas para ser ensambladas y empaquetadas. 200 unidades ya fabricadas están almacenadas en el Assembly & Packaging preparadas para ser dirigidas hacia los Centros de Distribución A y B. En dirección al Distribution Center A están de camino 100 unidades, mientras que hacia el Distribution Center B van 100+100 unidades. En ambos centros de distribución disponemos de 200 unidades listas para cubrir la demanda que tenemos en cada Región.

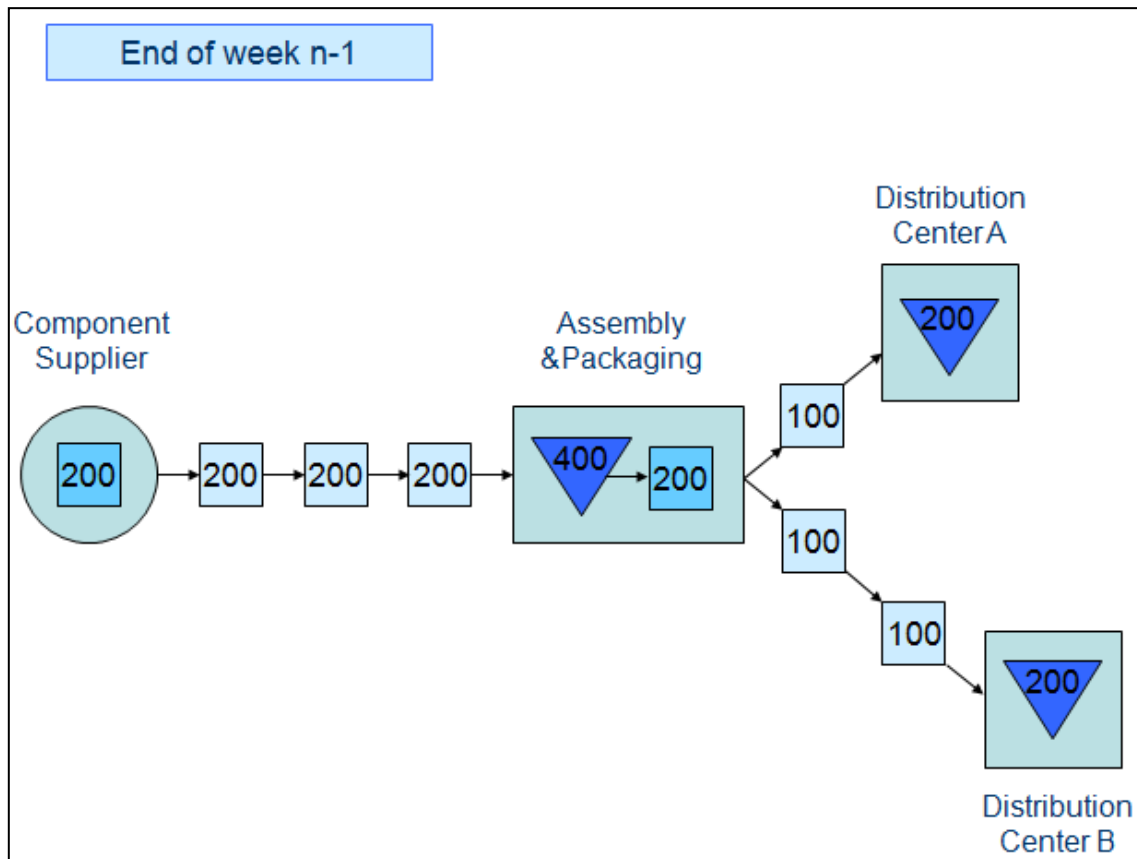


Fig. 3.5. Situación Inicial

### 3.3.2. Paso 1

Los pedidos del que están entre el C. Supplier y el Assembly & Packaging se desplazan una posición hacia la derecha. De manera que ahora tenemos  $0+200+200$  en dirección al Assembly & Packaging y 600 almacenados en este último. Los artículos que van hacia los centros de distribución también se mueven una posición hacia la derecha. De manera que llegando al DCA tenemos 0 productos y llegando a DCB  $0+100$ . En los Distribution Centers tendremos 300 unidades en cada uno disponibles para cubrir sus respectivas demandas (Ver Fig. 3.6).

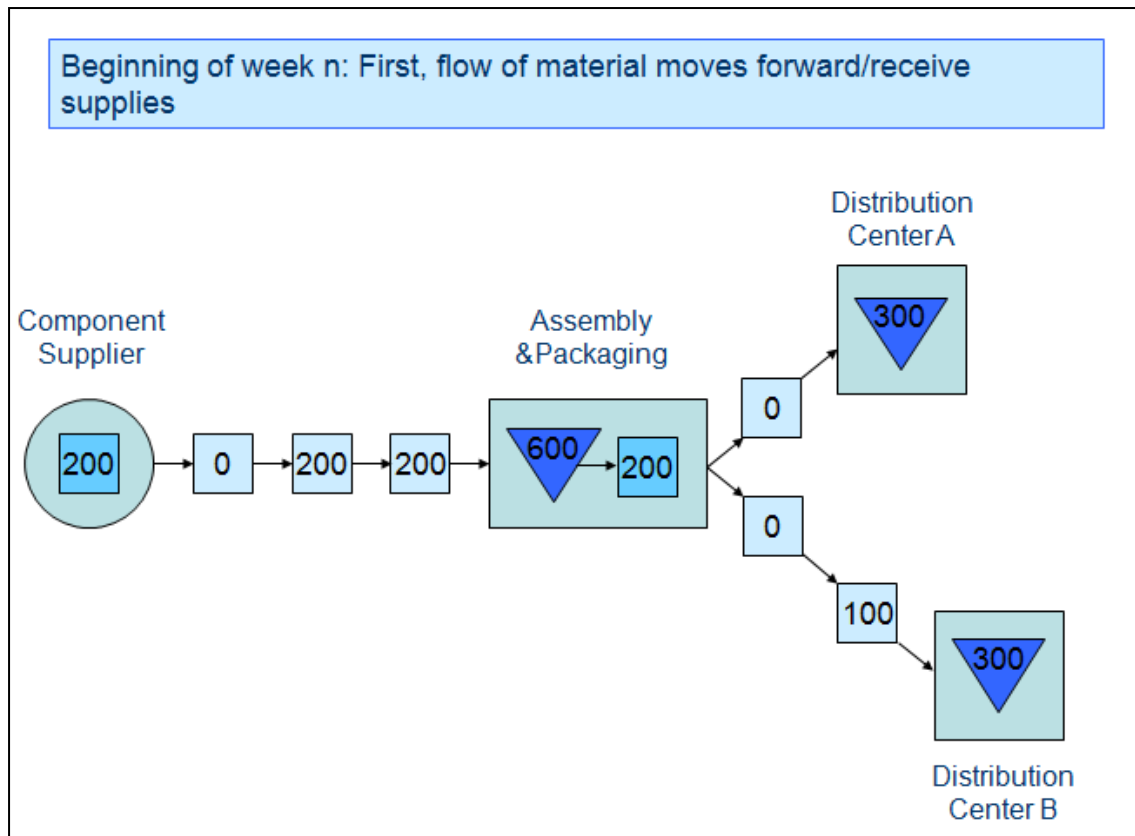


Fig. 3.6. Paso 1.

### 3.3.3. Paso 2

El pedido de 200 unidades que el C. Supplier ya tiene preparado se desplaza una casilla hacia la derecha. Los 200 productos ya fabricados dentro del Assembly & Packaging se reparten en las casillas que se dirigen hacia los centros de distribución. El reparto depende de las cantidades que pidieran los Distribution Centers en la semana anterior. Como en este caso es la misma cantidad, se reparten los 200 de manera equitativa, 100 hacia el DCA y 100 hacia el DCB. (Ver Fig. 3.7).

En este paso además podemos comprobar cuales son los pedidos de los clientes en las Regiones A y B de venta. Son 100 para ambas por tener cada cadena de suministro el 50 % de cuota de mercado en cada región, y ser la demanda media en cada uno de 200 unidades.

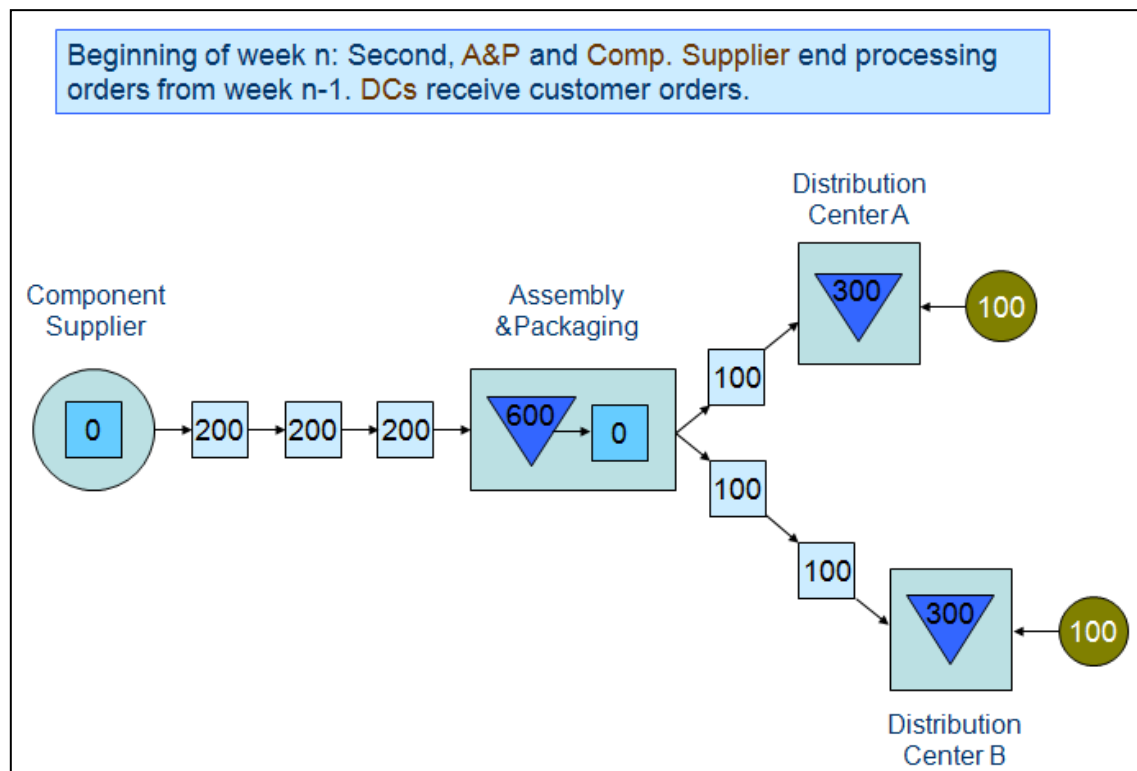


Fig. 3.7. Paso 2.

### 3.3.4. Paso 3

En este paso los centros de distribución entregan la cantidad exigida por sus clientes y generan las órdenes de producción para el Assembly & Packaging. (Ver Fig. 3.8).

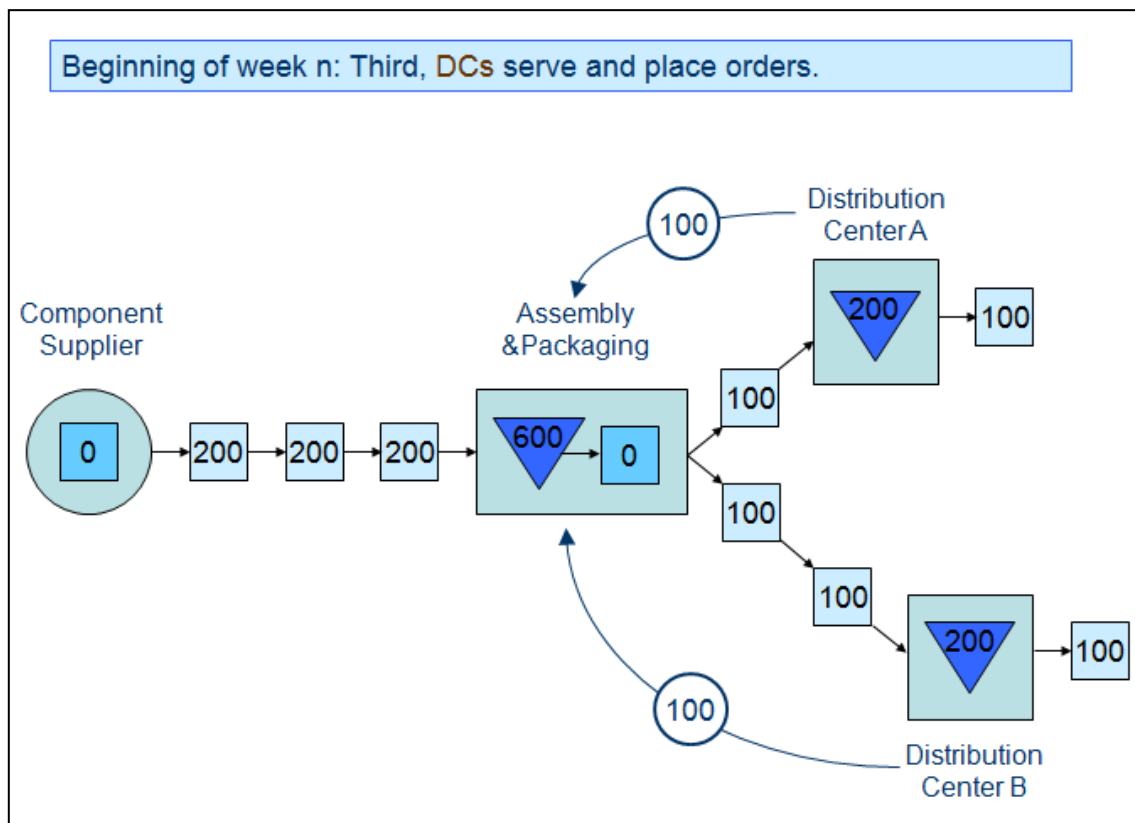


Fig. 3.8. Paso 3.

### 3.3.5. Paso 4

El Assembly & Packaging fabrica la cantidad de productos que los centros de distribución necesitan para satisfacer las futuras demandas. A su vez hace pedidos al Component Supplier para asegurarse de que podrá cubrir los pedidos de DCA y DCB. (Ver Fig. 3.9).



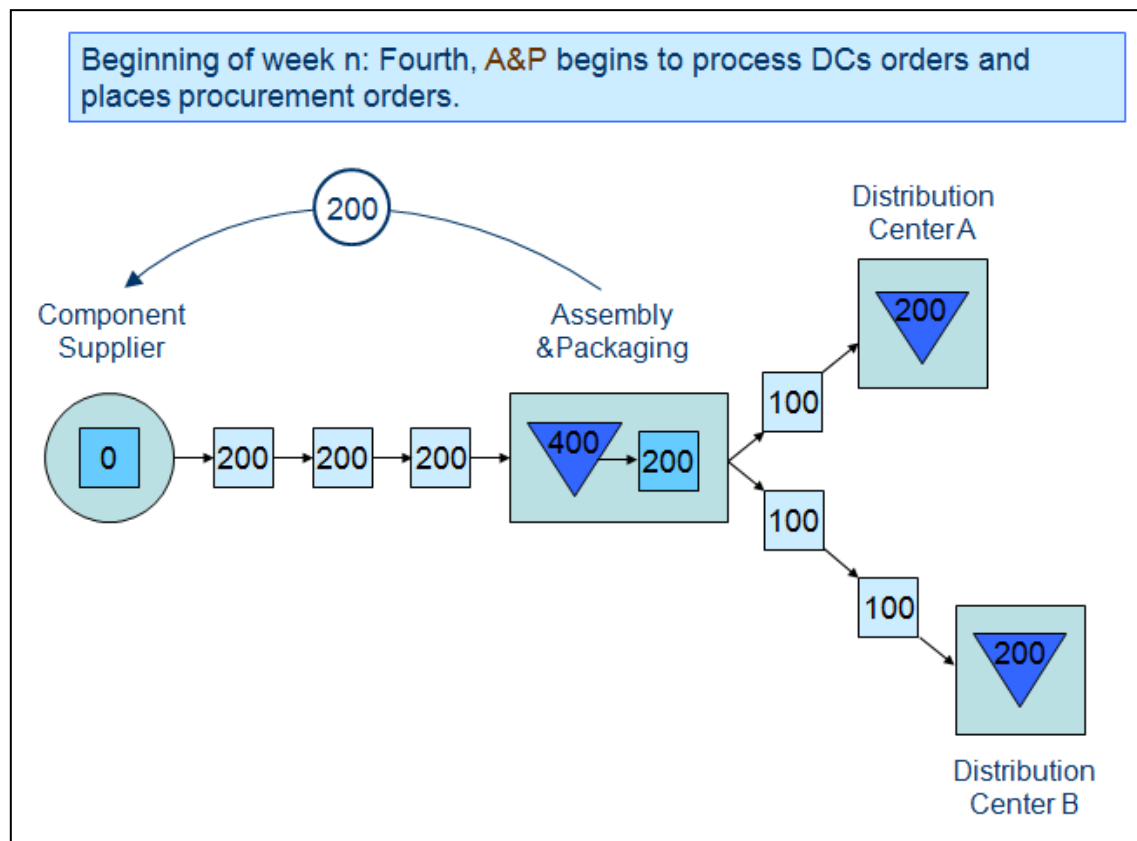


Fig. 3.9. Paso 4.

### 3.3.6. Paso 5

El Component Supplier genera esos 200 pedidos que se le han encargado, dejándolos preparados para enviar a la siguiente semana (Ver Fig. 3.10).

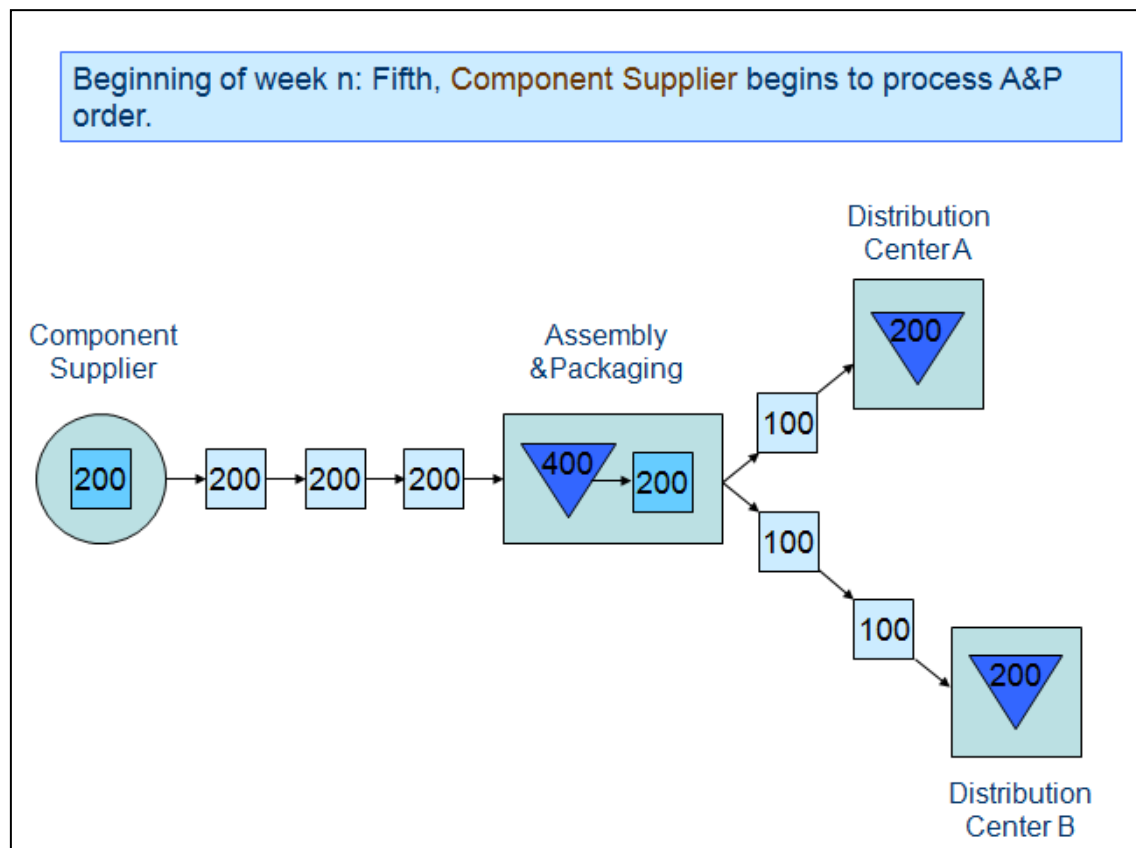


Fig. 3.10. Paso 5.



## 4. DINÁMICA AVANZADA. INCIDENCIAS.

En este capítulo se va a explicar detalladamente las 7 hojas Excel que se han programado para poder simular cada uno de las situaciones del juego. Para el diseño de cada una de las fórmulas se han utilizado algunas guías de Excel [6] [7].

### 4.1. Warm-up

Una vez establecidas las condiciones iniciales, se desarrollarán 8 semanas de Warm-up o calentamiento que iniciarán la dinámica del juego. De manera automática se generará una situación inicial para las dos cadenas de suministro, a partir de la cual se podrán simular las incidencias que se den durante la partida.

En este punto se explicará detalladamente cómo se ha resuelto todo el Warm-up. Esto servirá para tener una idea clara de cuál ha sido el proceso de cálculo general que se ha seguido. Después se explicarán las incidencias simplemente con las variaciones que se han introducido respecto al calentamiento.

La estructura de las 7 hojas Excel es la misma y únicamente varía en que, en cada tabla representativa del Tablero de Juego, se van a añadir las casillas adicionales correspondientes al alternativo (ver punto 2.4 Incidencias).

Las hojas Excel tienen dos zonas diferenciadas, una que simula el desarrollo durante 8 semanas para el Jugador 1 y su homóloga para el Jugador 2. Cada una de estas zonas consta de 13 tablas necesarias para hacer todos los cálculos hasta llegar a una situación final en el Tablero de Juego. Vamos a suponer que empezamos con unas condiciones iniciales iguales a las del punto 3.1.

#### 4.1.1. Backup Board

La primera tabla que aparece para el Player 1 es la del Backup Board (ver Fig. 4.1).

BACKUP BOARD																				
Week	Failure Parameters			C.Supplier		Assembly & Packaging				Distribution Center A				Distribution Center B				Budget		
	N° Weeks	Failure	Backup Service	Backup	Chips	SS	Chips	Backup	Chips	SS	Chips	Backup	Chips	SS	Chips	Backup	Chips	Allocated	Total	Free
W-8	0	0	0	0	0	400	4	0	0	200	4	0	0	200	4	0	0	12	36	24
First																				
Second																				
Third																				
Fourth																				
Fifth																				
W-7	0	0	0	0	0	400	4	0	0	200	4	0	0	200	4	0	0	12	36	24
First																				
Second																				
Third																				
Fourth																				
Fifth																				
W-6	0	0	0	0	0	400	4	0	0	200	4	0	0	200	4	0	0	12	36	24

Fig. 4.1. Backup Board.

El calentamiento se considera que va desde la semana -8 hasta la semana 0, a partir de la cual ya empiezan a sucederse las incidencias. Para explicar el Backup Board en el Warm-up es suficiente con ver 3 semanas porque todas serán iguales.

Dentro del bloque de Failure Parameters tenemos tres columnas:

- Nº Weeks: donde se indicará en número de semanas que dura el fallo.
- Failure: que solo puede valer 1 ó 0 dependiendo de que haya fallo en esa semana o no.
- Backup Service: igualmente solo puede ser 1 ó 0 dependiendo de que en esa semana funcione el backup que se ha contratado para subsanar la incidencia que se esté produciendo.

Durante el calentamiento estas tres columnas siempre valdrán cero porque todavía no se ha producido ninguna incidencia y no se ha contratado ningún tipo de backup.

Después de este bloque viene el siguiente diferenciado en función de las cuatro partes que conforman el Tablero de Juego: C.Supplier, Assembly & Packaging, Distribution Center A y Distribution Center B. En esta parte se puede ver la estrategia seguida por el jugador en el turno de juego correspondiente. De nuevo, hay que decir que en el calentamiento no se ha contratado todavía backup y por eso todas las columnas de Backup de cada una de las partes del tablero son cero. En cambio los Stocks de Seguridad los podemos calcular a partir de los datos iniciales de los que partimos, de manera que:

$$SS_{A\&P}(W - 8) = On\ Hand\ A\&P\ (Units) \quad (4.1)$$

$$SS_{DCA}(W - 8) = On\ Hand\ DCA\ (Units) \quad (4.2)$$

$$SS_{DCB}(W - 8) = On\ Hand\ DCB\ (Units) \quad (4.3)$$

En función del valor del Stock de Seguridad se hace el cálculo del número de fichas que hay que colocar. A pesar de que en el Warm-up no sea relevante, porque los jugadores no toman decisiones en cuanto a colocar sus fichas para definir su estrategia, se va a explicar cómo se haría el cálculo.

Para calcular cuantas fichas tenemos posicionadas en SS-A&P se comprueba que para cubrir cada casilla de 100 unidades únicamente necesitamos una ficha (ver punto 2.2). Por tanto, el cálculo sería el siguiente:

$$CHIPS - SS_{A\&P}(W - 8) = 1 \times \frac{SS_{A\&P}(W - 8)}{100} \quad (4.4)$$

El número de fichas en SS\_DCA se calcula teniendo en cuenta que para cubrir cada casilla de 100 unidades necesitamos dos fichas (ver punto 2.2):

$$CHIPS - SS_{DCA}(W - 8) = 2 \times \frac{SS_{DCA}(W - 8)}{100} \quad (4.5)$$

De la misma forma se calcula el número de fichas en SS - DCB pues también para cubrir cada casilla de 100 unidades se necesitan dos fichas (ver punto 2.2):

$$CHIPS - SS_{DCB}(W - 8) = 2 \times \frac{SS_{DCB}(W - 8)}{100} \quad (4.6)$$

El último bloque de esta primera tabla (Budget) da información de cuál es la situación de nuestras fichas:

- Allocated: número de fichas utilizadas durante las 8 semanas.
- Total: número total de fichas de las que disponemos.
- Free: número de fichas que están libres, que no estamos utilizando.

#### 4.1.2. Datos de partida. Semana -8.

En este apartado se explicará cómo se han calculado los datos de la primera fila del Warm-up a partir de los datos iniciales.

La segunda tabla dentro del Player 1 corresponde al Tablero de Juego (ver Fig. 4.2). En ella se recogen en forma de columnas los valores de cada una de las casillas del Tablero a lo largo de las 8 semanas del calentamiento, incluyendo los pasos intermedios (ver punto 3.3).

ORDER BOARD + ALTERNATIVE											
Week	C. Supplier				Assembly & Packaging		Distribution Center A		Distribution Center B		
	C. Supplier	IT-A&P1	IT-A&P2	IT-A&P3	A&P Stock	A&P Process	IT-DCA	DCA	IT-DCB1	IT-DCB2	DCB
W-8	200	200	200	200	400	200	100	200	100	100	200
First											
Second											
Third											
Fourth											
Fifth											
W-7											
First											
Second											
Third											
Fourth											
Fifth											
W-6											

Fig. 4.2. Order Board + Alternative (W-8).

El motivo de que el nombre sea Order Board + Alternative es que siempre esta tabla va a contener el tablero principal y además casillas alternativas en las incidencias para representar mejor las acciones de los posibles Backups (ver punto 2.4).

En esta tabla solo se muestran los valores de la primera fila para explicar cómo se han calculado a partir de los datos iniciales.

- **Bloque del C. Supplier:** el cálculo es bastante directo ya que suponemos que el A&P ha hecho cuatro órdenes iguales a la inicial (calculada en los datos iniciales) durante las últimas cuatro semanas:

$$C\_Supplier (W - 8) = Initializ. Orders A\&P (Units) \quad (4.7)$$

$$IT\_A\&P1 (W - 8) = Initializ. Orders A\&P (Units) \quad (4.8)$$

$$IT\_A\&P2 (W - 8) = Initializ. Orders A\&P (Units) \quad (4.9)$$

$$IT\_A\&P3 (W - 8) = Initializ. Orders A\&P (Units) \quad (4.10)$$

- **Bloque del Assembly & Packaging:** el A&P Stock se calcula a través del On Hand-A&P de las condiciones iniciales. Y el A&P Process corresponde a la suma de órdenes iniciales de ambos centros de distribución:

$$A\&P Stock (W - 8) = On Hand A\&P (Units) \quad (4.11)$$

$$A\&P Process (W - 8) = Initializ. Order DCA + Initializ. Order DCB \quad (4.12)$$

- **Bloque del Distribution Center A:** el IT-DCA será igual a la orden inicial del DCA, mientras que el DCA será igual al On Hand del DCA:

$$IT\_DCA (W - 8) = Initializ. Order DCA \quad (4.13)$$

$$DCA (W - 8) = On Hand DCA (Units) \quad (4.14)$$

- **Bloque del Distribution Center B:** los dos IT-DCB serán igual a la orden inicial del DCB, mientras que el DCB será igual al On Hand del DCB:

$$IT\_DCB1 (W - 8) = Initializ. Order DCB \quad (4.15)$$

$$IT\_DCB2 (W - 8) = Initializ. Order DCB \quad (4.16)$$

$$DCB (W - 8) = On Hand DCB (Units) \quad (4.17)$$

La siguiente tabla que nos encontramos es la del Component Supplier (ver Fig. 4.3). Consta de seis columnas. A continuación se explicará cómo se obtienen los valores para la semana -8.

Component Supplier						
Week	Incoming Order	Served	Pending	In transit w-1	In transit w-2	In transit w-3
W-8	200	200	0	200	200	200
First	x					
Second		x	x			
Third						
Fourth						
Fifth				x	x	x
W-7						
First						
Second						
Third						
Fourth						
Fifth						
W-6						

Fig. 4.3. Component Supplier (W-8).

- **Incoming Order:** es igual a la orden inicial de A&P.

$$\text{Incoming Order } (W - 8) = \text{Initializ. Order A\&P} \quad (4.18)$$

- **Served:** para calcular lo que servimos se comprueba que la Incoming Order es menor que la Capacidad Máxima del C. Supplier de tramitar pedidos:

$$\begin{aligned} \text{Served } (W - 8) \\ = \text{MIN}(\text{Initializ. Orders A\&P; Max. Capacity SC1} \\ - \text{Comp. Supplier}) \end{aligned} \quad (4.19)$$

- **Pending:** si el Incoming Order es mayor que la capacidad máxima del Component Supplier, este último no será capaz de entregar todos los pedidos y tendremos un Pending:

$$\text{Pending } (W - 8) = \text{Incoming Order } (W - 8) - \text{Served } (W - 8) \quad (4.20)$$

- **In Transit:** representa los pedidos que van desde el C.Supplier hacia el A&P por los IT-A&P1, IT-A&P2 e IT-A&P3:

$$\text{In transit } w - 1 (W - 8) = \text{IT\_A\&P1 } (W - 8) \quad (4.21)$$

$$\text{In transit } w - 2 (W - 8) = \text{IT\_A\&P2 } (W - 8) \quad (4.22)$$

$$\text{In transit } w - 3 (W - 8) = \text{IT\_A\&P3 } (W - 8) \quad (4.23)$$



A continuación recogemos todos los cálculos iniciales propios del Assembly and Packaging en la tabla SC1 Assembly and Packaging (ver Fig. 4.4).

SC1-Assembly & Packaging															
Week	Received	Pending w-1	Incoming Order	Processed	Pending	Demand A	Delivered A	Backorder A	Demand B	Delivered B	Backorder B	Proc Order	On-Hand	Available	Supply Order
W-8	200	0	200	200	0	100	100	0	100	100	0	200	400	1000	200
First	x	x				x			x						
Second							x	x		x	x				
Third															
Fourth			x	x	x							x	x	x	x
Fifth															
W-7															
First															
Second															
Third															
Fourth															
Fifth															
W-6															

Fig. 4.4. SC1-Assembly & Packaging (W-8).

- **Received:** es la cantidad de material que llega al A&P en la semana -8. Suponemos que recibimos una de las órdenes iniciales realizadas por el A&P.

$$Received (W - 8) = Initializ. Order A\&P \quad (4.24)$$

- **Pending w-1:** representa el número de piezas que se habían pedido y que no han pasado del Assembly & Packaging Stock al Assembly & Packaging Process. El valor es igual al Pending de la semana anterior, como en esta semana no ha comenzado el flujo de material se considera que es cero.

$$Pending w - 1 (W - 8) = 0 \quad (4.25)$$

- **Incoming Order:** siempre va a ser igual a la suma de las órdenes de producción de ambos centros de distribución (A y B) y al Pending que pueda existir de la semana anterior.

$$Incoming Order (W - 8) = Proc. Order (W - 8) + Pending w - 1 (W - 8) \quad (4.26)$$

- **Processed:** representa el número de productos que fabrica el Assembly & Packaging en una semana y que pasan hacia el Assembly & Packaging Process donde estarían almacenados y listos para distribuir hacia DCA y DCB. Lo que se procesa siempre va a ser igual al Incoming Order a menos que: la cantidad que se quiera procesar supere la Capacidad Máxima de Fabricación del Assembly & Packaging o supere la cantidad de material que se tiene en mano en Assembly & Packaging Stock más lo que se ha recibido esa semana.

$$Processed (W - 8) =$$

$$MIN(Incoming Order (W - 8), MAX(Max.Capacity SC1_{A\&P}; 0; On Hand A\&P + Recieved)) \quad (4.27)$$

$$8; MAX(Max.Capacity SC1_{A\&P}; 0; On Hand A\&P + Recieved)$$

- **Pending:** si la orden que se tenía que cumplir es mayor que lo que realmente se ha procesado, el Pending sería mayor que cero y por tanto se debería una cantidad de la producción que se tendrá en cuenta en las siguientes semanas.

$$Pending (W - 8) = Incoming Order (W - 8) - Processed (W - 8) \quad (4.28)$$

- **Demand A:** representa la cantidad de material que ha pedido el Distribution Center A al A&P. Para esta situación inicial de partida se considera que es igual a la orden inicial de producción de DCA.

$$Demand A (W - 8) = Initializ. Orders DCA \quad (4.29)$$

- **Delivered A:** es la cantidad de productos que se han direccionado por el camino hacia el DCA. Es decir la cantidad de productos que han pasado del A&P Process al IT-DCA.

$$Delivered A (W - 8) = Initializ. Orders DCA \quad (4.30)$$

- **Backorder A:** es mayor que cero cuando la cantidad entregada a la Región A es menor que la cantidad que se demandaba.

$$Backorder A (W - 8) = Demand A (W - 8) - Delievered A (W - 8) \quad (4.31)$$

De la misma manera somos capaces de calcular los valores de Demand B, Delivered B y Backorder B:

- **Demand B:**

$$Demand B (W - 8) = Initializ. Orders DCB \quad (4.32)$$

- **Delivered B:**

$$Delivered B (W - 8) = Initializ. Orders DCB \quad (4.33)$$

- **Backorder B:**

$$\text{Backorder } B(W - 8) = \text{Demand } B(W - 8) - \text{Delievered } B(W - 8) \quad (4.34)$$

- **Proc. Order:** es la suma de las órdenes de producción que hacen los dos centros de distribución: DCA y DCB.

$$\text{Proc. Order}(W - 8) = \text{Proc. Order DCA}(W - 8) - \text{Proc. Order DCB}(W - 8) \quad (4.35)$$

- **On Hand:** se refiere a la cantidad de material que hay al final de la semana -8 en la casilla A&P Stock. Para esta semana inicial se considera que es igual al On Hand inicial.

$$\text{On Hand}(W - 8) = \text{On Hand A\&P} \quad (4.36)$$

- **Available:** representa el material virtualmente disponible en el A&P. Siempre para calcularlo la operación es la misma: LO QUE TENGO (**Available<sub>0</sub> (SC1-A&P)**) + LO QUE HE PEDIDO (**Initializ. Orders A&P**) – LO QUE PROCESO (**Process (W-8)**) – LO QUE NO HE PODIDO ENTREGAR (**Backorder A + Backorder B**).

$$\begin{aligned} \text{Avialable}(W - 8) \\ = \text{Available}_0(\text{SC1\_A\&P}) + \text{Initializ. Orders A\&P} \\ - \text{Process}(W - 8) - (\text{Backorder A} + \text{Backorder B}) \end{aligned} \quad (4.37)$$

- **Supply Order:** es el pedido que hace el A&P al Component Supplier cada semana. Siempre se calcula a partir del disponible de la siguiente manera: ÓRDENES DE PRODUCCIÓN \* LEAD TIME A&P(\*) + STOCK SEGURIDAD A&P – DISPONIBLE. La fórmula se aplica siempre comprobando que no es menor que cero ya que no tiene sentido hacer órdenes de producción negativas.

$$\begin{aligned} \text{Supply Order}(W - 8) \\ = \text{Proc. Order}(W - 8) * \text{LT\_A\&P} + \text{SS\_A\&P} - \text{Avialable}(W - 8) \end{aligned} \quad (4.38)$$

(\*) **NOTA:** El LEAD TIME A&P indica el número de semanas de distancia que hay desde el Component Supplier (que es desde donde se envía el pedido) hacia el Assembly & Packaging.

Las dos tablas contiguas recogen todos los cálculos intermedios de los centros de distribución A y B (ver Fig. 4.5 y ver Fig. 4.6). Como nos estamos centrando en la tabla del Jugador 1 estas tablas se refieren a la cadena de suministro 1 (SC1).

SC1-Distribution Center A									
Week	Received	Avail. To serve	Initial Dem.	Initial SC1	Final SC1	On-Hand	Forecast	Avialable	Proc. Order
W-8	100	300	100	100	100	200		300	100
First	x	x	x	x					
Second									
Third					x	x		x	x
Fourth									
Fifth									
W-7									
First									
Second									
Third									
Fourth									
Fifth									
W-6									

Fig. 4.5. SC1 Distribution Center A (W-8)

SC1-Distribution Center B									
Week	Received	Avail. To serve	Initial Dem.	Initial SC1	Final SC1	On-Hand	Forecast	Avialable	Proc. Order
W-8	100	300	100	100	100	200		400	100
First	x	x	x	x					
Second									
Third					x	x		x	x
Fourth									
Fifth									
W-7									
First									
Second									
Third									
Fourth									
Fifth									
W-6									

Fig. 4.6. SC1 Distribution Center B (W-8)

El cálculo de los valores de cada una de las columnas es igual para las dos tablas, por lo que los vamos a describir de forma simultánea:

- **Received:** indica el número de productos que han llegado en la semana (en este caso W-8) a los centros de distribución. Al ser la primera semana se considera que la cantidad recibida es igual a las órdenes iniciales de cada Distribution Center.

$$Received\ DCA\ (W - 8) = Initializ.\ Order\ SC1 - DCA \quad (4.39)$$

$$Received\ DCB\ (W - 8) = Initializ.\ Order\ SC1 - DCB \quad (4.40)$$

- **Available to Serve:** representa el número de productos, que tiene en mano cada centro de distribución, listos para poder cubrir la demanda. Se calcula sumando lo recibido durante la semana a la cantidad que se tenía previamente en mano. En

esta semana inicial se considera que en mano se tiene el On Hand de las condiciones iniciales.

$$Avail.To Serve DCA (W - 8) = On Hand SC1\_DCA + Received DCA (W - 8) \quad (4.41)$$

$$Avail.To Serve DCB (W - 8) = On Hand SC1\_DCB + Received DCB (W - 8) \quad (4.42)$$

- **Initial Demand:** es la cantidad de demanda que le corresponde entregar a cada centro de distribución, respecto del total demandado en cada región. Se calcula como la demanda total en una región por la cuota de mercado que tiene la cadena de suministro en esa región.

$$Initial Demand DCA (W - 8) = Average Demand A \times Initial Share SC1\_A \quad (4.43)$$

$$Initial Demand DCB (W - 8) = Average Demand B \times Initial Share SC1\_B \quad (4.44)$$

- **Initial SC1:** este cálculo permite saber si con la cantidad que hay disponible para servir en el centro de distribución (Avail. To Serve) se puede cubrir total o parcialmente la demanda inicial (Initial Demand).

$$\begin{aligned} &Initial SC1\_DCA (W - 8) \\ &= MIN (Avail.To Serve DCA (W - 8); Initial Demand DCA (W - 8)) \end{aligned} \quad (4.45)$$

$$\begin{aligned} &Initial SC1\_DCB (W - 8) \\ &= MIN (Avail.To Serve DCB (W - 8); Initial Demand DCB (W - 8)) \end{aligned} \quad (4.46)$$

- **Final SC1:** es la cantidad final entregada por el Distribution Center a la región correspondiente. Vamos a escribir las dos fórmulas y luego explicaremos detenidamente el cálculo de una de ellas. (\*)

$$Final\ SC1\ DCA\ (W - 8)$$

$$= MIN (Avail. To Serve SC1 DCA (W - 8); MAX(Initial Demand SC1 DCA; Initial Demand SC1 DCA + Initial Demand SC2 DCA - Avail To Serve SC2 DCA); Max. Capacity SC1 DCA) \quad (4.47)$$

$$Final\ SC1\ DCB\ (W - 8)$$

$$= MIN (Avail. To Serve SC1 DCB (W - 8); MAX(Initial Demand SC1 DCB; Initial Demand SC1 DCB + Initial Demand SC2 DCB - Avail To Serve SC2 DCB); Max. Capacity SC1 DCB) \quad (4.48)$$

**(\*) NOTA:** se puede considerar que la función Final SC1 se calcula a través del mínimo de tres factores. Vamos a particularizar para el caso del jugador 1 (SC1) en el Distribution Center A:

$$Final\ SC1\ DCA\ (W-8) = MIN ("1"; "2"; "3")$$

Para comprenderlo se debe de empezar explicando cómo se calcula el factor "2":

$$Factor\ "2" = MAX (Initial Demand SC1 DCA; Initial Demand SC1 DCA + Initial Demand SC2 DCA - Avail. To Serve SC2 DCA)$$

Primero la cadena de suministro 1 tiene que ser capaz de cubrir la demanda inicial que tiene en la Región A. Y en el caso de que la cadena de suministro 2 no sea capaz de satisfacer totalmente su demanda inicial en la Región A, Final SC1 DCA intentará hacerse cargo de esa cantidad restante. De esta manera se obtiene la cantidad que idealmente debería entregar SC1 DCA.

Pero Final SC1 DCA tiene dos limitaciones que pueden hacer que no sea capaz de entregar totalmente esa cantidad que se le ha encomendado. Es aquí donde intervienen los factores "1" y "2":

$$Factor\ "1" = Avail. To Serve SC1 DCA$$

Este Factor permite comprobar si en DCA hay suficiente material como para hacer frente a la cantidad total de productos que se quieren entregar.

$$Factor\ "2" = Max. Cap. SC1 DCA$$

Los centros de distribución tienen limitada la cantidad de productos que pueden entregar en una semana (ver punto 3.1.2).

Calculando cual es el mínimo de estos tres factores se determina cual es la cantidad entregada por el Distribution Center A de la Supply Chain 1. Esta forma de calcular se extiende a las dos cadenas de suministro y para ambos centros de distribución A y B.

- **Available:** indica el material virtualmente disponible en cada centro de distribución. Siempre se va a calcular de la misma forma: DISPONIBLE SEMANA ANTERIOR + ÓRDENES PRODUCCIÓN ANTERIORES – LO QUE ENTREGAMOS EN ESA SEMANA – PENDING DE ESA SEMANA \* CUOTA SEMANA SIGUIENTE. (\*)

$$\begin{aligned}
 & \text{Available SC1 DCA } (W - 8) \\
 &= \text{Available}_0 \text{ SC1 DCA} + \text{Initializ. Order SC1 DCA} \\
 & - \text{Final SC1 DCA} - \text{Pending } (W - 8) \times \text{Final Share SC1 DCA } (W \\
 & - 7)
 \end{aligned}
 \tag{4.49}$$

(\*) **NOTA:** El Pending de esta fórmula se refiere a la cantidad de demanda de la Región A que no se ha cubierto. Y la cuota de mercado que se utiliza es la de la semana siguiente porque a estas alturas ya se ha entregado el Final SC1 DCA y la Cuota final cambia. Estos dos aspectos se verán más claramente cuando, a continuación, se explique cómo se calculan las cuotas de mercado para cada semana.

- **Proc. Order:** es el pedido que hacen los centros de distribución al Assembly & Packaging para poder cubrir las demandas futuras. Siempre se calcula como: LEAD TIME CENTRO DISTRIBUCIÓN \* FINAL SHARE CENTRO DISTRIBUCIÓN (SEMANA SIGUIENTE) \* TOTAL DEMAND DE LA REGIÓN + STOCK DE SEGURIDAD CENTRO DISTRIBUCIÓN – DISPONIBLE. (\*)

$$\begin{aligned}
 & \text{Proc. Order SC1 DCA } (W - 8) \\
 &= \text{MAX } (LT - DCA * \text{Final Share SC1 DCA } (W - 7) \\
 & * \text{Total Demand A } (W - 8) + SS - SC1 DCA \\
 & - \text{Available SC1 DCA } (W - 8); 0)
 \end{aligned}
 \tag{4.50}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Proc. Order SC1 DCB } (W - 8) \\
 &= \text{MAX } (LT - DCB * \text{Final Share SC1 DCB } (W - 7) \\
 & * \text{Total Demand B } (W - 8) + SS - SC1 DCB \\
 & - \text{Available SC1 DCB } (W - 8); 0)
 \end{aligned}
 \tag{4.51}$$

(\*) **NOTA:** de nuevo cuando se calcula la orden de producción, ya se ha entregado el **Final SC1** correspondiente. Por tanto, la cuota de mercado cambia. Es por eso que utilizamos ya la de la semana siguiente.

A partir de aquí las dos siguientes tablas que nos encontramos, recogen datos de las dos Regiones de entrega de producto: Customer Region A y Customer Region B (ver Fig. 4.7 y Fig. 4.8 ).

Customer Region A																	
Week	Demand	Pending w-1	Total Demand	Initial SC1	Initial SC2	Initial SCX	Final SC1	Final SC2	Initial Pend w	Final SCX	Pending w	Initial Share SC1	Initial Share SC2	Initial Share SCX	Final Share SC1	Final Share SC2	Final Share SCX
W-8	200	0	200	100	100	0	100	100	0	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0
First	x	x	x	x	x	x						x	x	x	x	x	x
Second																	
Third							x	x	x	x	x						
Fourth																	
Fifth																	
W-7																	
First																	
Second																	
Third																	
Fourth																	
Fifth																	
W-6																	

Fig. 4.7. Customer Region A.

Customer Region B																	
Week	Demand	Pending w-	Total Demand	Initial SC1	Initial SC2	Initial SCX	Final SC1	Final SC2	Initial Pend w	Final SCX	Pending w	Initial Share SC1	Initial Share SC2	Initial Share SCX	Final Share SC1	Final Share SC2	Final Share SCX
W-8	200	0	200	100	100	0	100	100	0	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0
First	x	x	x	x	x	x						x	x	x	x	x	x
Second																	
Third							x	x	x	x	x						
Fourth																	
Fifth																	
W-7																	
First																	
Second																	
Third																	
Fourth																	
Fifth																	
W-6																	

Fig. 4.8. Customer Region B.

- **Demand A y B:** representa la demanda total que hay cada semana en cada una de las regiones de venta. Es un valor constante durante toda la partida.

$$Demand A (W - 8) = Average Demand A \quad (4.52)$$

$$Demand B (W - 8) = Average Demand B \quad (4.53)$$

- **Pending (w-1):** indica la cantidad de demanda que no se ha podido cubrir la semana anterior y que por tanto se debe. En la primera semana siempre se considera que se viene de una situación ideal en la que se ha entregado todo y el valor sería cero.



$$Pending\ w - 1\ (Region\ A)\ (W - 8) = 0 \quad (4.54)$$

$$Pending\ w - 1\ (Region\ B)\ (W - 8) = 0 \quad (4.55)$$

- **Total Demand:** la demanda real para cada semana siempre será la demanda constante que existe todas las semanas (Demand) más el pending que se acumule de semanas anteriores (Pending w-1).

$$Total\ Demand\ A\ (W - 8) = Demand\ A\ (W - 8) + Pending\ w - 1\ (Region\ A)\ (W - 8) \quad (4.56)$$

$$Total\ Demand\ B\ (W - 8) = Demand\ B\ (W - 8) + Pending\ w - 1\ (Region\ B)\ (W - 8) \quad (4.57)$$

- **Initial SC1 e Initial SC2:** son igual a los valores previamente calculados en las tablas de los Distribution Center.
- **Final SC1 y Final SC2:** de nuevo son igual a los valores calculados en las tablas de los Distribution Center.
- **Final SCX e Initial SCX:** se explicarán a continuación a medida que se vaya contando como se calculan las cuotas de mercado.
- **Initial Share SC1, SC2 y SCX:** al ser la semana de inicio son iguales a las cuotas de Mercado de las condiciones iniciales.

$$Initial\ Share\ SC1\ (Region\ A)\ (W - 8) = Initial\ Share\ SC1\ A \quad (4.58)$$

$$Initial\ Share\ SC2\ (Region\ A)\ (W - 8) = Initial\ Share\ SC2\ A \quad (4.59)$$

$$Initial\ Share\ SCX\ (Region\ A)\ (W - 8) = 0 \quad (4.60)$$

$$Initial\ Share\ SC1\ (Region\ B)\ (W - 8) = Initial\ Share\ SC1\ B \quad (4.61)$$

$$Initial\ Share\ SC2\ (Region\ B)\ (W - 8) = Initial\ Share\ SC2\ B \quad (4.62)$$

$$Initial\ Share\ SCX\ (Region\ B)\ (W - 8) = 0 \quad (4.63)$$

- **Final Share SC1, SC2 y SCX:** como es la primera semana son igual a las cuotas iniciales de mercado.

$$Final\ Share\ SC1\ (Region\ A)\ (W - 8) = Initial\ Share\ SC1\ A \quad (4.64)$$

$$Final\ Share\ SC2\ (Region\ A)\ (W - 8) = Initial\ Share\ SC2\ A \quad (4.65)$$

$$Final\ Share\ SCX\ (Region\ A)(W - 8) = Initial\ Share\ SCX\ A \quad (4.66)$$

$$Final\ Share\ SC1\ (Region\ B)(W - 8) = Initial\ Share\ SC1\ B \quad (4.67)$$

$$Final\ Share\ SC2\ (Region\ B)(W - 8) = Initial\ Share\ SC2\ B \quad (4.68)$$

$$Final\ Share\ SCX\ (Region\ B)(W - 8) = Initial\ Share\ SCX\ B \quad (4.69)$$

#### 4.1.3. Cálculo de las cuotas de mercado

Las tablas que vienen a continuación se han diseñado para poder calcular las cuotas de mercado. Para calcular cada una de estas cuotas se ha establecido que se van a tener en cuenta las cantidades entregadas durante las últimas ocho semanas. Esto se hace por dos razones fundamentales:

- Para que las cadenas puedan recuperarse de una incidencia que les suponga varias semanas sin cubrir la demanda que tienen. Y por tanto el juego dure más tiempo.
- Para que cuando parte de la demanda la entregue el suministrador alternativo SCX, este no se haga con una cuota de mercado para siempre. Pues se va a considerar que este suministrador es infinito y va a poder cubrir la cantidad que se le pida. Si se consideraran las entregas de material de todas las semanas del juego, con que el suministrador alternativo actuase una sola vez ya tendría una cuota fija para toda la partida.

Se va a explicar cómo se hace el cálculo del Initial Share SC1 DCA y de manera homóloga se calcularían las demás cuotas. Se parte de una situación diferente a la del calentamiento, con entregas de material heterogéneas (ver Fig. 4.9, Fig. 4.10 y Fig. 4.11). De esta manera, se comprenderá mejor el funcionamiento de las tablas.

FINAL SC1 LAST 8 WEEKS DCA									
Week	W-8	W-7	W-6	W-5	W-4	W-3	W-2	W-1	SUMA
LAST 8 FINALS	105,205165	107,702401	107,702401	107,702401	104,73059	103,832509	21,9060736	95,0531181	753,8346598
FINAL SC1 W1	94,2293325	107,702401	107,702401	107,702401	104,73059	103,832509	21,9060736	95,0531181	742,8588275
FINAL SC1 W2	94,2293325	0	107,702401	107,702401	104,73059	103,832509	21,9060736	95,0531181	635,1564262
FINAL SC1 W3	94,2293325	0	0	107,702401	104,73059	103,832509	21,9060736	95,0531181	527,4540249
FINAL SC1 W4	94,2293325	0	0	0	104,73059	103,832509	21,9060736	95,0531181	419,7516236
FINAL SC1 W5	94,2293325	0	0	0	0	103,832509	21,9060736	95,0531181	315,0210331
FINAL SC1 W6	94,2293325	0	0	0	0	171,829654	21,9060736	95,0531181	383,0181786
FINAL SC1 W7	94,2293325	0	0	0	0	171,829654	149,896456	95,0531181	511,0085608
FINAL SC1 W8	94,2293325	0	0	0	0	171,829654	149,896456	146,249056	562,2044988
FINAL SC1 W9	74,9605998	0	0	0	0	171,829654	149,896456	146,249056	542,9357661
LAST 8 FINALS	94,2293325	0	0	0	0	171,829654	149,896456	146,249056	562,2044988

Fig. 4.9. Final SC1 Last 8 weeks DCA.

FINAL SC2 LAST 8 WEEKS DCA									
Week	W-8	W-7	W-6	W-5	W-4	W-3	W-2	W-1	SUMA
LAST 8 FINALS	94,7948352	92,2975987	92,2975987	92,2975987	95,2694095	96,1674911	178,093926	104,946882	846,1653402
FINAL SC2 W1	105,770668	92,2975987	92,2975987	92,2975987	95,2694095	96,1674911	178,093926	104,946882	857,1411725
FINAL SC2 W2	105,770668	0	92,2975987	92,2975987	95,2694095	96,1674911	178,093926	104,946882	764,8435738
FINAL SC2 W3	105,770668	0	0	92,2975987	95,2694095	96,1674911	178,093926	104,946882	672,5459751
FINAL SC2 W4	105,770668	0	0	150	95,2694095	96,1674911	178,093926	104,946882	730,2483764
FINAL SC2 W5	105,770668	0	0	150	150	96,1674911	178,093926	104,946882	784,9789669
FINAL SC2 W6	105,770668	0	0	150	150	150	178,093926	104,946882	838,8114758
FINAL SC2 W7	105,770668	0	0	150	150	150	150	104,946882	810,7175495
FINAL SC2 W8	105,770668	0	0	150	150	150	150	232,024834	937,7955012
FINAL SC2 W9	125,0394	0	0	150	150	150	150	232,024834	957,0642339
LAST 8 FINALS	105,770668	0	0	150	150	150	150	232,024834	937,7955012

Fig. 4.10. Final SC2 Last 8 weeks DCA.

FINAL SCX LAST 8 WEEKS DCA									
Week	W-8	W-7	W-6	W-5	W-4	W-3	W-2	W-1	SUMA
LAST 8 FINALS	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FINAL SCX W1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FINAL SCX W2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FINAL SCX W3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FINAL SCX W4	0	0	0	50	0	0	0	0	50
FINAL SCX W5	0	0	0	50	50	0	0	0	100
FINAL SCX W6	0	0	0	50	50	0	0	0	100
FINAL SCX W7	0	0	0	50	50	0	0	0	100
FINAL SCX W8	0	0	0	50	50	0	0	0	100
FINAL SCX W9	0	0	0	50	50	0	0	0	100
LAST 8 FINALS	0	0	0	50	50	0	0	0	100

Fig. 4.11. Final SCX Last 8 weeks DCA.

Al principio de cada tabla aparecen en amarillo las últimas 8 semanas de entrega de material junto con la suma total de la cantidad entregada. Se puede observar que en esas semanas SC2 ha entregado una cantidad superior que SC1 (846,17 unidades respecto a 753,83). Sin embargo el suministrador alternativo SCX no ha actuado en esas últimas semanas. Esto significa que la cuota de mercado de SC2, para la región A, al principio de esta incidencia es mayor que la de SC1. El cálculo es el siguiente:

$$\begin{aligned}
 & \text{Initial Share SC1 (Region A)(W0)} \\
 &= \frac{\text{Suma (Last 8 Finals SC1 DCA)}}{\text{Suma (Last 8 Finals SC1 DCA) + Suma (Last 8 Finals SC2 DCA) + Suma (Last 8 Finals SCX DCA)}} \quad (4.70) \\
 &= \frac{753,8346598}{753,8346598 + 846,1653402 + 0} = 0,4711467
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Initial Share SC2 (Region A)(W0)} \\
 &= \frac{\text{Suma (Last 8 Finals SC2 DCA)}}{\text{Suma (Last 8 Finals SC1 DCA) + Suma (Last 8 Finals SC2 DCA) + Suma (Last 8 Finals SCX DCA)}} \quad (4.71) \\
 &= \frac{846,1653402}{753,8346598 + 846,1653402 + 0} = 0,5288533
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Initial Share SCX (Region A)(W0)} \\
 &= \frac{\text{Suma (Last 8 Finals SCX DCA)}}{\text{Suma (Last 8 Finals SC1 DCA) + Suma (Last 8 Finals SC2 DCA) + Suma (Last 8 Finals SCX DCA)}} \quad (4.72) \\
 &= \frac{0}{753,8346598 + 846,1653402 + 0} = 0,00
 \end{aligned}$$

Estas serían las cuotas de mercado de ambas cadenas de suministro y del suministrador alternativo. A partir de esta situación empezaría la incidencia.

En la primera semana se sustituye la cantidad entregada hace 8 semanas por la cantidad final entregada en la semana anterior, es decir la cantidad final entregada en la región A en la semana cero de la incidencia (\*).

- En **Final SC1** se sustituyen los 105,205165 por los 94,2293325 entregados en la semana cero.
- En **Final SC2** se sustituyen los 94,7948352 por los 105,770668 entregados en la semana cero.
- En **Final SCX** se sustituye el 0 por otro 0, pues en la semana cero sigue sin actuar.

(\*) **NOTA:** hay que recordar que las cuotas de cada semana se calculan a partir de las cantidades entregadas en las semanas anteriores. Es decir, no se tiene en cuenta la cantidad entregada en la misma semana.

Si ahora calculamos las cuotas de mercado los resultados serían los siguientes:

$$\begin{aligned}
 & \text{Initial Share SC1 (Region A)(W1)} \\
 &= \frac{\text{Suma (Finals SC1 DCA W1)}}{\text{Suma (Finals SC1 DCA W1) + Suma (Finals SC2 DCA W1) + Suma (Finals SCX DCA W1)}} \\
 &= \frac{742,8588275}{742,8588275 + 857,1411725 + 0} = 0,46429
 \end{aligned} \tag{4.73}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Initial Share SC2 (Region A)(W1)} \\
 &= \frac{\text{Suma (Finals SC2 DCA W1)}}{\text{Suma (Finals SC1 DCA W1) + Suma (Finals SC2 DCA W1) + Suma (Finals SCX DCA W1)}} \\
 &= \frac{857,1411725}{857,1411725 + 742,8588275 + 0} = 0,53571
 \end{aligned} \tag{4.74}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Initial Share SCX(Region A)(W1)} \\
 &= \frac{\text{Suma (Finals SCX DCA W1)}}{\text{Suma (Finals SC1 DCA W1) + Suma (Finals SC2 DCA W1) + Suma (Finals SCX DCA W1)}} \\
 &= \frac{0}{857,1411725 + 742,8588275 + 0} = 0,00
 \end{aligned} \tag{4.75}$$

Como era de esperar la cuota de mercado de SC2 ha aumentado, ya que la suma en la semana 1 es de 846,1653402 y en la semana 1 es de 857,1411725. Mientras que la cuota de mercado de SC1 ha disminuido porque la suma pasó de ser 753,8346598 a valer 742,8588275.

Repitiendo este proceso a lo largo de cada turno de 8 semanas, se puede ir calculando las cuotas necesarias para cada semana.

Es importante destacar que al final de cada tabla añadimos en rojo los últimos 8 valores de Final correspondientes a la primera semana del siguiente turno. Este cálculo es necesario para calcular las órdenes de producción y los disponibles de los centros de distribución, así como la orden de producción del A&P al Component Supplier. Pues a la hora de calcular estos valores siempre se utilizan las cuotas de la semana siguiente.

Para explicar cómo calculamos las cuotas finales hay que situarse en la semana 5, donde hay entrega de material por parte del suministrador alternativo SCX. Calculamos las cuotas iniciales de cada cadena:

$$\begin{aligned}
 & \text{Initial Share SC1 (Region A)(W5)} \\
 &= \frac{\text{Suma (Finals SC1 DCA W5)}}{\text{Suma (Finals SC1 DCA W5)} + \text{Suma (Finals SC1 DCA W5)} + \text{Suma (Finals SC1 DCA W5)}} \\
 &= \frac{315,0210331}{315,0210331 + 784,9789669 + 100} = 0,26252
 \end{aligned} \tag{4.76}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Initial Share SC1 (Region A)(W5)} \\
 &= \frac{\text{Suma (Finals SC2 DCA W5)}}{\text{Suma (Finals SC1 DCA W5)} + \text{Suma (Finals SC1 DCA W5)} + \text{Suma (Finals SC1 DCA W5)}} \\
 &= \frac{784,9789669}{315,0210331 + 784,9789669 + 100} = 0,65415
 \end{aligned} \tag{4.77}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Initial Share SC1 (Region A)(W5)} \\
 &= \frac{\text{Suma (Finals SCX DCA W5)}}{\text{Suma (Finals SC1 DCA W5)} + \text{Suma (Finals SC1 DCA W5)} + \text{Suma (Finals SC1 DCA W5)}} \\
 &= \frac{100}{315,0210331 + 784,9789669 + 100} = 0,08333
 \end{aligned} \tag{4.78}$$

Una vez calculadas las cuotas iniciales (Initial Share) hay que calcular las cuotas finales (Final Share):

$$\begin{aligned}
 \text{Final Share SC1 (Region A)(W 1)} &= \frac{\text{Initial Share SC1 DCA}}{\text{Initial Share SC1 DCA} + \text{Initial Share SC2 DCA}} = \frac{0,26252}{0,26252 + 0,65415} \\
 &= 0,28638
 \end{aligned} \tag{4.79}$$

$$\begin{aligned}
 \text{Final Share SC1 (Region A)(W 1)} &= \frac{\text{Initial Share SC2 DCA}}{\text{Initial Share SC1 DCA} + \text{Initial Share SC2 DCA}} = \frac{0,65415}{0,26252 + 0,65415} \\
 &= 0,71362
 \end{aligned} \tag{4.80}$$

Lo que se hace es repartir siempre la cuota del SCX entre ambas cadenas de suministro. El motivo de este reparto es que al principio se experimentó utilizando las cuotas iniciales como si fueran ya finales. Se comprobó que cuando se producía un fallo o incidencia y el suministrador alternativo SCX se hacía con una cuota de mercado, al tener capacidad de entrega infinita, su cuota siempre iba a aumentar porque no iba a dejar de entregar cuando fuera necesario. Esto provocaba que el juego terminara muy rápido en cuanto se producía un fallo importante. Por esto se decidió repartir la cuota que adquiere el SCX cuando entrega material entre las dos cadenas, de manera que le tocara un porcentaje mayor a la cadena con una cuota de mercado más alta.



Se puede explicar esta situación con un ejemplo real. Imaginemos que en un supermercado venden Coca Cola, Pepsi y la marca del propio supermercado Cola. Los consumidores compran siempre Coca Cola o Pepsi en función de su preferencia. Pero si no hay Coca Cola o Pepsi, a veces, compran Cola. Esta última representaría a nuestro producto alternativo, que solo sirve cuando los dos principales suministradores no son capaces de cubrir toda la demanda. El reparto de cuotas está motivado en el hecho de que cuando hay de nuevo Coca Cola o Pepsi, la gente vuelve a comprar alguna de estas dos marcas y deja de comprar Cola.

Por tanto, tras el reparto de cuotas el valor de Final SCX siempre es cero.

$$\begin{aligned} \text{Final Share SCX (Region A)(W 1)} \\ = 1 - \text{Final Share SC1 (Region A)(W 1)} - \text{Final Share SC2 (Region A)(W 1)} = 0 \end{aligned} \quad (4.81)$$

#### 4.1.4. Funcionamiento del Final SCX

En este apartado se va a explicar cómo y cuando se producen las entregas de productos por parte del suministrador alternativo. Para ello nos vamos a situar en una semana aleatoria en la que exista entrega de material por parte de SCX (Ver Fig. 4.12). Y para ver el funcionamiento basta con fijarse en las siguientes columnas: Total Demand, Final SC1, Final SC2, Initial Pending w, Final SCX y Pending w.

Empezamos en la semana cero (W0) en la que se tiene una demanda total de 200 unidades. Final SC1 entrega 94,22933 y Final SC2 entrega 105,77066. Como suman los 200 demandados el pending inicial es cero y Final SCX no entrega nada.

En la semana 1 (W1) tenemos una demanda de 200 unidades. Final SC1 entrega 0 y Final SC2 entrega 0. El pending inicial es de 200 unidades pero Final SCX no entrega nada (\*).

(\*) El suministrador alternativo solo va a entregar cuando exista una cantidad de demanda que no se cubra durante 3 semanas por SC1 o SC2. El sentido de que SCX espere tres semanas para actuar ante un déficit de entrega por parte de las dos cadenas está en asemejar el juego a la realidad.

Supongamos que una persona va al supermercado a comprar Coca Cola. Cuando llega comprueba que no hay existencia de Coca Cola. Si hubiera Pepsi no habría problema porque compraría al suponer que tiene la misma calidad (Pepsi ganaría cuota de mercado a Coca Cola). El problema es que tampoco hay Pepsi. El producto sustitutivo de estos dos es la Cola de la marca del supermercado. Al no convencerle no compra Cola esperando que al día siguiente ya hayan llegado existencias de Coca Cola o Pepsi. Al volver al día siguiente se vuelve a encontrar con que solo hay Cola. De nuevo renuncia y no compra Cola. El tercer día que vuelve de nuevo no quedan existencias de Coca Cola y Pepsi, es entonces cuando ya se decide y compra la Cola del supermercado. De esta manera el suministrador alternativo se hace con cuota de mercado. Cuando vuelva a ir a comprar Coca Cola si continúa sin haber existencia de Coca Cola o Pepsi, volverá a comprar Cola del supermercado. Pero cuando tengan existencias comprará alguna de las dos marcas principales, de ahí que se reparta la cuota de mercado del suministrador alternativo entre las dos cadenas de suministro principales.

En la semana 2 (W2) hay una demanda de 400 unidades. Final SC1 entrega 0 y Final SC2 entrega 0. El pending inicial es de 400 unidades pero Final SCX no entrega nada. Si que debemos tener en cuenta que 200 unidades de esas 400 de pending ya llevan dos semanas sin ser atendidas.

En la semana 3 (W3) tenemos una demanda de 600 unidades. Final SC1 entrega 0 y Final SC2 entrega 150 unidades. El pending inicial es de 450 unidades. Final SCX entregaría 50 unidades, pues de los 200 que llevaban 2 semanas sin atenderse, se han entregado 150. Los restantes 50 los tiene que entregar el suministrador alternativo. Así se explica la fórmula del Final SCX:

$$\begin{aligned} & \text{Final Share SCX (Region A)(W 1)} \\ &= \text{MAX}(\text{Pending}(w-2) - \text{Initial SCX}(w-1) - \text{Final SC1}(w-1) - \text{Final SC2}(w-1) - \text{Final SCX}(w-1) \\ & - \text{Initial SCX}(w) - \text{Final SC1}(w) - \text{Final SC2}(w); 0) \end{aligned} \quad (4.82)$$

**NOTA:** Initial SCX siempre va a ser cero, ya que inicialmente las cuotas de mercado siempre van a estar repartidas entre SC1 y SC2.

En la semana 4 (W4) se tiene una demanda de 600 unidades. Final SC1 entrega 0 y Final SC2 entrega 150 unidades. El pending inicial es de 450 unidades. Final SCX entregaría 50 unidades, pues de los 400 no atendidos hace tres semanas se han entregado 350 (Final SC2 (w-1)=150; Final SC2 (w)=150; Final SCX (w-1)=50).

En la semana 5 (W5) se tiene una demanda de 600 unidades. Final SC1 entregaría 171,829 y Final SC2 entregaría 150. El pending inicial es de 278,17 unidades. Final SCX entregaría 0 unidades, pues de los 400 no atendidos hace tres semanas se han entregado Final SC2 (w-1)=150+ Final SC2 (w-1)=150+ Final SC1 (w-1)=171,829=471,829 unidades. Por tanto no se tiene pending de tres semanas y Final SCX no actúa.

Customer Region A																	
Week	Demand	Pending w-1	Total Demand	Initial SC1	Initial SC2	Initial SCX	Final SC1	Final SC2	Initial Pend w	Final SCX	Pending w	Initial Share SC1	Initial Share SC2	Initial Share SCX	Final Share SC1	Final Share SC2	Final Share SCX
W0	200	0	200	94,22933247	105,7706675	0	94,22933247	105,7706675	0	0	0	0,47146662	0,528853338	0	0,47146662	0,528853338	0
First	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Second																	
Third				0	0	0	0	0	0	0	0						
Fourth																	
Fifth																	
W1	200	0	200	92,85735343	107,1426466	0	0	0	200	0	200	0,464286767	0,535713233	0	0,464286767	0,535713233	0
First																	
Second																	
Third																	
Fourth																	
Fifth																	
W2	200	200	400	181,4732646	218,5267354	0	0	0	400	0	400	0,453683162	0,546316838	0	0,453683162	0,546316838	0
First																	
Second																	
Third																	
Fourth																	
Fifth																	
W3	200	400	600	263,7270124	336,2729876	0	0	150	450	50	400	0,439545021	0,560454979	0	0,439545021	0,560454979	0
First																	
Second																	
Third																	
Fourth																	
Fifth																	
W4	200	400	600	219,008471	380,991529	0	0	150	450	50	400	0,34979302	0,608540314	0,041666667	0,365001412	0,634998588	0
First																	
Second																	
Third																	
Fourth																	
Fifth																	
W5	200	400	600	171,8296544	428,1703456	0	171,8296544	150	278,1703456	0	278,1703456	0,262517528	0,654149139	0,083333333	0,286382757	0,713617243	0

Fig. 4.12. Customer Region A (Final SCX).

#### 4.1.5. Dinámica de los 5 pasos

Como se explicó en el apartado 3.3, cada semana de avance de material se divide en 5 movimientos básicos. En este punto se verán los valores que se calculan en cada paso, para comprobar cómo sería el funcionamiento de una semana completa.

Una vez explicado cómo se calculan los datos de la semana de partida del calentamiento (W-8), partimos de ahí para desarrollar una semana de juego.

##### 4.1.5.1 Paso 1

En este paso se desplazan una casilla hacia la derecha los productos de los In Transit: IT-A&P1, IT-A&P2, IT-A&P3, IT-DCA, IT-DCB1 e IT-DCB2 (ver Fig. 4.13).

ORDER BOARD + ALTERNATIVE											
Week	C. Supplier				Assembly & Packaging		Distribution Center A		Distribution Center B		
	C. Supplier	IT-A&P1	IT-A&P2	IT-A&P3	A&P Stock	A&P Process	IT-DCA	DCA	IT-DCB1	IT-DCB2	DCB
W-8	200	200	200	200	400	200	100	200	100	100	200
First	200	0	200	200	600	200	0	300	0	100	300
Second											
Third											
Fourth											
Fifth											
W-7											

Fig. 4.13. Paso 1, Order Board + Alternative.

Las fórmulas utilizadas para obtener este primer paso son:

$$IT\_A\&P1 (W - 8)_{First} = IT\_A\&P1 (W - 8) - IT\_A\&P1 (W - 8) \quad (4.83)$$

$$IT - A\&P2 (W - 8)_{First} = IT\_A\&P2 (W - 8) - IT\_A\&P2 (W - 8) + IT\_A\&P1 (W - 8) \quad (4.84)$$

$$IT - A\&P3 (W - 8)_{First} = IT\_A\&P3 (W - 8) - IT\_A\&P3 (W - 8) + IT\_A\&P2 (W - 8) \quad (4.85)$$

$$A\&P\_Stock (W - 8)_{First} = A\&P\_Stock (W - 8) - IT\_A\&P3 (W - 8) \quad (4.86)$$

$$IT\_DCA (W - 8)_{First} = IT\_DCA (W - 8) - IT\_DCA (W - 8) \quad (4.87)$$

$$DCA (W - 8)_{First} = DCA (W - 8) + IT\_DCA (W - 8) \quad (4.88)$$

$$IT\_DCB1 (W - 8)_{First} = IT\_DCB1 (W - 8) - IT\_DCB1 (W - 8) \quad (4.89)$$

$$IT\_DCB2 (W - 8)_{First} = IT\_DCB2 (W - 8) - IT\_DCB2 (W - 8) + IT\_DCB1 (W - 8) \quad (4.90)$$

$$DCB (W - 8)_{First} = DCB (W - 8) + IT\_DCB (W - 8) \quad (4.91)$$

A partir se pueden ir calculando algunos de los datos de las tablas siguientes. La que viene a continuación es la del Component Supplier (ver Fig. 4.14).

Component Supplier						
Week	Incoming Order	Served	Pending	In transit w-1	In transit w-2	In transit w-3
W-8	200	200	0	200	200	200
First	*					
Second		*	*			
Third						
Fourth						
Fifth				*	*	*
W-7	200					

Fig. 4.14. Paso1, Component Supplier.

En este primer paso se calcula la orden de entrega de material que se le va a pedir en esta semana al Component Supplier:

$$Incoming Order (W - 7) = SupplyOrder (W - 8) + Pending_{C.Supplier} (W - 8) \quad (4.92)$$

La siguiente tabla es la del Assembly and Packaging (ver Fig. 4.15).

SC1-Assembly & Packaging															
Week	Received	Pending w-1	Incoming Order	Processed	Pending	Demand A	Delivered A	Backorder A	Demand B	Delivered B	Backorder B	Proc Order	On-Hand	Available	Supply Order
W-8	200	0	200	200	0	100	100	0	100	100	0	200	400	1000	200
First	*	*				*			*						
Second							*	*		*	*				
Third			*	*	*							*	*	*	*
Fifth															
W-7	200	0				100			100						

Fig. 4.15. Paso 1, SC1 Assembly & Packaging.

En este primer paso somos capaces de calcular los siguientes valores:

$$Recieved (W - 7) = A\&P\_Stock (W - 8)_{First} - A\&P\_Stock (W - 8) \quad (4.93)$$

$$Pending w - 1 (W - 7) = Pending_{A\&P}(W - 8) \quad (4.94)$$

$$Demand A (W - 7) = Proc. Order DCA (W - 8) + Backorder A (W - 8) \quad (4.95)$$

$$Demand B (W - 7) = Proc. Order DCB (W - 8) + Backorder B (W - 8) \quad (4.96)$$

La siguiente tabla es la del Distribution Center A, que permite calcular los siguientes valores en este primer paso (ver Fig. 4.16).

SC1-Distribution Center A									
Week	Received	Avail. To serve	Initial Dem.	Initial SC1	Final SC1	On-Hand	Forecast	Available	Proc. Order
W-8	100	300	100	100	100	200		300	100
First	x	x	x	x					
Second									
Third					x	x		x	x
Fourth									
Fifth									
W-7	100	300	100	100					

Fig. 4.16. Paso 1, SC1 Distribution Center A.

$$Recieved (W - 7) = DCA_{First} (W - 8)_{First} - DCA (W - 8) \quad (4.97)$$

$$Avail. To Serve (W - 7) = DCA_{First} (W - 8)_{First} - DCA (W - 8) \quad (4.98)$$

$$\begin{aligned} &Initial Dem. (W - 7) \\ &= Total Demand A (W - 7) \times Final Share SC1 (W - 7)(Region A) \end{aligned} \quad (4.99)$$

$$Initial SC1 (W - 7) = MIN(Avail. To Serve (W - 7); Initial Dem. (W - 7)) \quad (4.100)$$

De la misma manera calculamos los valores para la tabla del Distribution Center B (ver Fig. 4.17).

SC1-Distribution Center B									
Week	Received	Avail. To serve	Initial Dem.	Initial SC1	Final SC1	On-Hand	Forecast	Available	Proc. Order
W-8	100	300	100	100	100	200		400	100
First	x	x	x	x					
Second									
Third					x	x		x	x
Fourth									
Fifth									
W-7	100	300	100	100					

Fig. 4.17. Paso 1, SC1 Distribution Center B.

$$Recieved (W - 7) = DCB_{First} (W - 8)_{First} - DCB (W - 8) \quad (4.101)$$

$$Avail. To Serve (W - 7) = DCB_{First} (W - 8)_{First} - DCB (W - 8) \quad (4.102)$$

$$\begin{aligned} &Initial Dem. (W - 7) \\ &= Total Demand B (W - 7) \times Final Share SC1 (W - 7)(Region B) \end{aligned} \quad (4.103)$$

$$Initial SC1 (W - 7) = MIN(Avail. To Serve (W - 7); Initial Dem. (W - 7)) \quad (4.104)$$

A continuación viene la tabla de Customer Region A (ver Fig. 4.18). Los valores de esta tabla que podemos calcular vienen descritos a continuación.

Customer Region A																	
Week	Demand	Pending w-1	Total Demand	Initial SC1	Initial SC2	Initial SCX	Final SC1	Final SC2	Initial Pend w	Final SCX	Pending w	Initial Share SC1	Initial Share SC2	Initial Share SCX	Final Share SC1	Final Share SC2	Final Share SCX
W-8	200	0	200	100	100	0	100	100	0	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0
First	x	x	x	x	x	x						x	x	x	x	x	x
Second																	
Third							x	x	x	x	x						
Fourth																	
Fifth																	
W-7	200	0	200	100	100	0						0,5	0,5	0	0,5	0,5	0

Fig. 4.18. Paso 1, Customer Region A.

$$Demand A (W - 7) = Average Demand A \quad (4.105)$$

$$Pending w - 1 (W - 7) = Pending w (W - 8) \quad (4.106)$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Total Demand A } (W - 7) \\
 & = \text{Demand A } (W - 7) + \text{Pending } w - 1 \text{ (Region A) } (W - 7)
 \end{aligned} \tag{4.107}$$

Los valores de Initial SC1 e Initial SC2 son igual a los calculados en SC1 Distribution Center A y SC2 Distribution Center A. Además Initial SCX va a ser siempre cero, como ya se ha explicado en el punto 4.1.4.

Los cálculos de las cuotas de mercado iniciales y finales se calculan con el método que se explicó en el punto 4.1.3. De se van a repetir la forma de calcularlas:

$$\begin{aligned}
 & \text{Initial Share SC1 (Region A)}(W - 7) \\
 & = \frac{\text{Suma (Finals SC1 DCA } W - 7)}{\text{Suma (Finals SC1 DCA } W - 7) + \text{Suma (Finals SC2 DCA } W - 7) + \text{Suma (Finals SCX DCA } W - 7)}
 \end{aligned} \tag{4.108}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Initial Share SC2 (Region A)}(W - 7) \\
 & = \frac{\text{Suma (Finals SC2 DCA } W - 7)}{\text{Suma (Finals SC1 DCA } W - 7) + \text{Suma (Finals SC2 DCA } W - 7) + \text{Suma (Finals SCX DCA } W - 7)}
 \end{aligned} \tag{4.109}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Initial Share SCX (Region A)}(W - 7) \\
 & = \frac{\text{Suma (Finals SCX DCA } W - 7)}{\text{Suma (Finals SC1 DCA } W - 7) + \text{Suma (Finals SC2 DCA } W - 7) + \text{Suma (Finals SCX DCA } W - 7)}
 \end{aligned} \tag{4.110}$$

$$\text{Final Share SC1 (Region A)}(W - 7) = \frac{\text{Initial Share SC1 DCA}(W - 7)}{\text{Initial Share SC1 DCA}(W - 7) + \text{Initial Share SC2 DCA}(W - 7)} \tag{4.111}$$

$$\text{Final Share SC2 (Region A)}(W - 7) = \frac{\text{Initial Share SC2 DCA}(W - 7)}{\text{Initial Share SC1 DCA}(W - 7) + \text{Initial Share SC2 DCA}(W - 7)} \tag{4.112}$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Final Share SCX (Region A)}(W - 7) \\
 & = 1 - \text{Final Share SC1 (Region A)}(W - 7) - \text{Final Share SC2 (Region A)}(W - 7) = 0
 \end{aligned} \tag{4.113}$$



De forma homologa se calculan los valores para este paso 1 de Customer Region B (ver Fig. 4.19).

Customer Region B																	
Week	Demand	Pending w-1	Total Demand	Initial SC1	Initial SC2	Initial SCX	Final SC1	Final SC2	Initial Pend w	Final SCX	Pending w	Initial Share SC1	Initial Share SC2	Initial Share SCX	Final Share SC1	Final Share SC2	Final Share SCX
W-8	200	0	200	100	100	0	100	100	0	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0
First	x	x	x	x	x	x						x	x	x	x	x	x
Second																	
Third							x	x	x	x	x						
Fourth																	
Fifth																	
W-7	200	0	200	100	100	0						0,5	0,5	0	0,5	0,5	0

Fig. 4.19. Paso 1, Customer Region B.

$$Demand B (W - 7) = Average Demand B \quad (4.114)$$

$$Pending w - 1 (W - 7) = Pending w (W - 8) \quad (4.115)$$

$$\begin{aligned} Total Demand B (W - 7) \\ = Demand B (W - 7) + Pending w - 1 (Region B) (W - 7) \end{aligned} \quad (4.116)$$

Los valores de Initial SC1 e Initial SC2 son igual a los calculados en SC1 Distribution Center B y SC2 Distribution Center B. Además Initial SCX va a ser siempre cero, como ya se ha explicado en el punto 4.1.4.

Los cálculos de las cuotas de mercado iniciales y finales se calculan con el método que se explicó en el punto 4.1.3. De se van a repetir la forma de calcularlas:

$$\begin{aligned} Initial Share SC1 (Region B)(W - 7) \\ = \frac{Suma (Finals SC1 DCB W - 7)}{Suma (Finals SC1 DCB W - 7) + Suma (Finals SC2 DCB W - 7) + Suma (Finals SCX DCB W - 7)} \end{aligned} \quad (4.117)$$

$$\begin{aligned} Initial Share SC2 (Region B)(W - 7) \\ = \frac{Suma (Finals SC2 DCB W - 7)}{Suma (Finals SC1 DCB W - 7) + Suma (Finals SC2 DCB W - 7) + Suma (Finals SCX DCB W - 7)} \end{aligned} \quad (4.118)$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Initial Share SCX (Region B)}(W - 7) \\
 & = \frac{\text{Suma (Finals SCX DCB } W - 7)}{\text{Suma (Finals SC1 DCB } W - 7) + \text{Suma (Finals SC2 DCB } W - 7) + \text{Suma (Finals SCX DCB } W - 7)}
 \end{aligned} \quad (4.119)$$

$$\text{Final Share SC1 (Region B)}(W - 7) = \frac{\text{Initial Share SC1 DCB}(W - 7)}{\text{Initial Share SC1 DCB}(W - 7) + \text{Initial Share SC2 DCB}(W - 7)} \quad (4.120)$$

$$\text{Final Share SC2 (Region B)}(W - 7) = \frac{\text{Initial Share SC2 DCB}(W - 7)}{\text{Initial Share SC1 DCB}(W - 7) + \text{Initial Share SC2 DCB}(W - 7)} \quad (4.121)$$

$$\begin{aligned}
 & \text{Final Share SCX (Region B)}(W - 7) \\
 & = 1 - \text{Final Share SC1 (Region B)}(W - 7) - \text{Final Share SC2 (Region B)}(W - 7) = 0
 \end{aligned} \quad (4.122)$$

#### 4.1.5.2 Paso 2.

En este paso 2 el Component Supplier envía el pedido, que se le habían encomendado, hacia IT-A&P1. Además el A&P reparte la cantidad que tiene en la casilla A&P Process a IT-DCA e IT-DCB1 (ver Fig. 4.20).

ORDER BOARD + ALTERNATIVE											
Week	C. Supplier				Assembly & Packaging		Distribution Center A		Distribution Center B		
	C. Supplier	IT-A&P1	IT-A&P2	IT-A&P3	A&P Stock	A&P Process	IT-DCA	DCA	IT-DCB1	IT-DCB2	DCB
W-8	200	200	200	200	400	200	100	200	100	100	200
First	200	0	200	200	600	200	0	300	0	100	300
Second	0	200	200	200	600	0	100	300	100	100	300
Third											
Fourth											
Fifth											
W-7											

Fig. 4.20. Paso 2, Order Board + Alternative.

Las celdas que varían son de las que se van a describir en las fórmulas, el resto de celdas son igual a la fila anterior.

$$C.\text{Supplier}_{\text{Second}}(W - 7) = C.\text{Supplier}_{\text{First}}(W - 7) - C.\text{Supplier}_{\text{First}}(W - 7) \quad (4.123)$$

$$\begin{aligned}
 & A\&P\text{ Process}_{\text{Second}}(W - 7) \\
 & = A\&P\text{ Process}_{\text{First}}(W - 7) - IT - DCA_{\text{Second}}(W - 7) - IT - DCA_{\text{Second}}(W - 7)
 \end{aligned} \quad (4.124)$$

Una de las fórmulas más importantes del juego es la manera de entregar el material en dirección a los centros de distribución. Los valores que determinan las cantidades que hay que entregar son las órdenes de producción de DCA y DCB, y los Backorder A y Backorder B. Lógicamente se dará prioridad de entrega a la cantidad que indican los backorders por ser pedidos más antiguos que no se han atendido.

Se va a explicar la fórmula de entrega de material hacia IT-DCA. Cada una de estas fórmulas está formada por dos factores:

$$IT\_DCA_{second}(W-7) = Factor\ 1_{Backorder}(W-7) - Factor\ 2_{Proc.Order}(W-7) \quad (4.125)$$

La fórmula del Factor 1 es la siguiente:

$$Factor\ 1_{Backorder}(W-7) = SI((BackorderA + BackorderB) > 0; MIN(BackorderA + BackorderB; A\&P\ Process) \times \frac{BackorderA}{(BackorderA + BackorderB)}; 0) \quad (4.126)$$

Lo que hace es comprobar si el Backorder Total es mayor que cero. En caso de que sea así, se comprueba si el Backorder Total es mayor que la cantidad que hay en A&P Process lista para servir. Si esta última es mayor que todo el Backorder se podrá subsanar totalmente esta falta de entrega en semanas anteriores, en caso contrario se utilizará toda la cantidad que tengamos en A&P Process para reducir al máximo el Backorder. La cantidad que se entrega no es igual para ambos caminos, a menos que Backorder A sea igual a Backorder B. Se calcula el porcentaje que representa cada Backorder respecto del Backorder Total y se multiplica por la función Mínimo que ya se ha comentado antes. Por último, si el Backorder Total no fuera mayor que cero, lógicamente el valor de este Factor 1 sería nulo.

La fórmula del Factor 2 es la siguiente:

$$Factor\ 2_{Proc.Order}(W-7) = SI((Proc.OrderA + Proc.OrderB) > 0; MAX(0; MIN(A\&P\ Process - (BackorderA + BackorderB); (Proc.OrderA + Proc.OrderB))) \times \frac{Proc.OrderA}{(Proc.OrderA + Proc.OrderB)}; 0) \quad (4.127)$$

Se comprueba si las órdenes de producción son mayores que cero. En caso de que lo sean se utiliza la función mínimo para ver que es menor:

- Si la cantidad que hay en el A&P Process menos lo que se ha entregado previamente debido al Backorder.
- O bien la suma de las dos órdenes de producción de la semana anterior (W-8).

Todo esta fórmula se pone dentro de un máximo que compara con cero para evitar que salga una cantidad negativa en el caso de que el Backorder Total sea mayor que el Stock que se tenía inicialmente en A&P Process. En caso de que todavía quede stock para cubrir las órdenes de producción, se multiplica por el porcentaje que representa cada orden de producción respecto de la suma total de las dos.

**NOTA:** Los Backorders y Proc. Orders de estas fórmulas son los de la semana anterior a la que se hace el cálculo, es decir, son los de la semana -8.

La fórmula se presenta de la misma manera para IT-DCB1:

$$IT\_DCB1_{Second}(W-7) = Factor\ 1_{Backorder}(W-7) - Factor\ 2_{Proc.Order}(W-7) \quad (4.128)$$

$$Factor\ 1_{Backorder}(W-7) = SI((BackorderA + BackorderB) > 0; MIN(BackorderA + BackorderB; A\&P\ Process) \times \frac{BackorderB}{(BackorderA + BackorderB)}; 0) \quad (4.129)$$

$$Factor\ 2_{Proc.Order}(W-7) = SI((Proc.OrderA + Proc.OrderB) > 0; MAX(0; MIN(A\&P\ Process - (BackorderA + BackorderB); (Proc.OrderA + Proc.OrderB) \times Proc.OrderB / (Proc.OrderA + Proc.OrderB); 0)) \quad (4.130)$$

Se puede seguir completando la tabla del Component Supplier en este paso 2 (ver Fig. 4.21).

Component Supplier						
Week	Incoming Order	Served	Pending	In transit w-1	In transit w-2	In transit w-3
W-8	200	200	0	200	200	200
First	x					
Second		x	x			
Third						
Fourth						
Fifth				x	x	x
W-7	200	200	0			

Fig. 4.21. Paso 2, Component Supplier.

Ya se sabe cuál es la cantidad que ha servido el Component Supplier y se puede calcular si hay pending o no. Para ver lo que se ha servido, se compara lo que hay en IT-A&P1 en este paso 2 respecto a lo que había en el paso 1.

$$Served(W-7) = IT\_A\&P1_{Second}(W-7) - IT\_A\&P1_{First}(W-7) \quad (4.131)$$

El pending se calcula restando a la orden que se tenía que cumplir, la cantidad que se ha servido.

$$Pending (W - 7) = Incoming Order (W - 7) - Served (W - 7) \quad (4.132)$$

En este paso 2 podemos seguir completando la tabla del Assembly and Packaging (ver Fig. 4.22).

SC1-Assembly & Packaging															
Week	Received	Pending w-1	Incoming Order	Processed	Pending	Demand A	Delivered A	Backorder A	Demand B	Delivered B	Backorder B	Proc Order	On-Hand	Available	Supply Order
W-8	200	0	200	200	0	100	100	0	100	100	0	200	400	1000	200
First	x	x				x			x						
Second							x	x		x	x				
Third															
Fourth			x	x	x							x	x	x	x
Fifth															
W-7	200	0				100	100	0	100	100	0				

Fig. 4.22. Paso 2, SC1 Assembly & Packaging.

Se puede obtener la cantidad que se ha entregado en dirección a los distintos centros de distribución. Y comparándolo con la cantidad demandada se comprobaría si hay backorder o no.

$$Delivered A (W - 7) = IT\_DCA_{Second}(W - 7) + IT\_DCA_{First}(W - 7) \quad (4.133)$$

$$Backorder A (W - 7) = Demand A(W - 7) + Delivered A(W - 7) \quad (4.134)$$

$$Delivered B (W - 7) = IT\_DCB1_{Second}(W - 7) + IT\_DCB1_{First}(W - 7) \quad (4.135)$$

$$Backorder B (W - 7) = Demand B(W - 7) + Delivered B(W - 7) \quad (4.136)$$

#### 4.1.5.3 Paso 3

En este tercer paso se cubre la demanda de la semana, es cuando los centros de distribución hacen sus entregas (ver Fig. 4.23).

ORDER BOARD + ALTERNATIVE											
Week	C. Supplier				Assembly & Packaging		Distribution Center A		Distribution Center B		
	C. Supplier	IT-A&P1	IT-A&P2	IT-A&P3	A&P Stock	A&P Process	IT-DCA	DCA	IT-DCB1	IT-DCB2	DCB
W-8	200	200	200	200	400	200	100	200	100	100	200
First	200	0	200	200	600	200	0	300	0	100	300
Second	0	200	200	200	600	0	100	300	100	100	300
Third	0	200	200	200	600	0	100	200	100	100	200
Fourth											
Fifth											
W-7											

Fig. 4.23. Paso 3, Order Board + Alternative.

La cantidad existente en los centros de distribución baja porque se hace la entrega del producto a nuestros clientes.

$$DCA_{Third}(W-7) = DCA_{Second}(W-7) - Final\_SC1\_DCA(W-7) \quad (4.137)$$

$$DCB_{Third}(W-7) = DCB_{Second}(W-7) - Final\_SC1\_DCB(W-7) \quad (4.138)$$

Los valores de las otras celdas de esta tabla son iguales a los del paso 2.

En este paso se puede seguir completando la tabla del centro de distribución A, pues el paso en el que se calcula la cantidad entregada final (ver Fig. 4.24).

SC1-Distribution Center A									
Week	Received	Avail. To serve	Initial Dem.	Initial SC1	Final SC1	On-Hand	Forecast	Available	Proc. Order
W-8	100	300	100	100	100	200		300	100
First	x	x	x	x					
Second									
Third					x	x		x	x
Fourth									
Fifth									
W-7	100	300	100	100	100	200		300	100

Fig. 4.24. Paso 3, SC1 Distribution Center A.

Primero se calcula la cantidad final a entregar, Final SC1. La fórmula se explicó en el apartado 4.1.2.

*Final SC1 DCA (W - 7)*

$$\begin{aligned}
 &= \text{MIN} (\text{Avail. To Serve SC1 DCA (W} \\
 &\quad - 7); \text{MAX}(\text{Initial Demand SC1 DCA; Initial Demand SC1 DCA} \\
 &\quad + \text{Initial Demand SC2 DCA} \\
 &\quad - \text{Avail To Serve SC2 DCA}); \text{Max. Capacity SC1 DCA})
 \end{aligned}
 \tag{4.139}$$

Restando a lo que se tenía en el centro de distribución A la cantidad que se ha entregado, se obtiene la cantidad final que se tiene en mano en DCA.

$$\text{On Hand (W - 7)} = \text{DCA}_{\text{Third}} (\text{W - 7})
 \tag{4.140}$$

A continuación se puede calcular el Available que tenemos en DCA en esa semana -7. El cálculo siempre es el mismo, AVAILABLE = AVAILABE (SEMANA ANTERIOR) + ORDEN (SEMANA ANTERIOR) – LO QUE ENTREGAMOS EN ESA SEMANA – PENDING DE ESA SEMANA X CUOTA CORRESPONDIENTE.

$$\begin{aligned}
 &\text{Available SC1 DCA (W - 8)} \\
 &= \text{Available SC1 DCA(W - 7)} + \text{Proc. Order SC1 DCA(W - 7)} - \text{Final SC1 DCA(W - 7)} \\
 &\quad - \text{MAX}(\text{Pending(W - 7)} - \text{Pending(W - 8)}; 0) \times \text{Final Share SC1 DCA (W - 6)}
 \end{aligned}
 \tag{4.141}$$

Una vez obtenido el disponible, se puede calcular la orden de producción. ORDEN = LEAD TIME DCA X CUOTA DESPUÉS DE LA ENTREGA DE MATERIAL X DEMANDA TOTAL EN A + STOCK DE SEGURIDAD DCA – DISPONIBLE.

$$\begin{aligned}
 &\text{Proc. Order SC1 DCA (W - 7)} \\
 &= \text{MAX} (\text{LT} - \text{DCA} * \text{Final Share SC1 DCA (W - 6)} * \text{Total Demand A (W - 7)} + \text{SS} - \text{SC1 DCA} \\
 &\quad - \text{Available SC1 DCA (W - 7)}; 0)
 \end{aligned}
 \tag{4.142}$$

De la misma manera se puede completar la tabla del Distribution Center B (ver Fig. 4.25).

SC1-Distribution Center B									
Week	Received	Avail. To serve	Initial Dem.	Initial SC1	Final SC1	On-Hand	Forecast	Available	Proc. Order
W-8	100	300	100	100	100	200		400	100
First	x	x	x	x					
Second									
Third					x	x		x	x
Fourth									
Fifth									
W-7	100	300	100	100	100	200		400	100

Fig. 4.25. Paso 3, SC1 Distribution Center B.

Al igual que en el centro de distribución A se pueden calcular los siguientes términos:

*Final SC1 DCB (W – 7)*

$$\begin{aligned}
 &= \text{MIN} (\text{Avail. To Serve SC1 DCB (W} \\
 &- 7); \text{MAX}(\text{Initial Demand SC1 DCB; Initial Demand SC1 DCB} \\
 &+ \text{Initial Demand SC2 DCB} \\
 &- \text{Avail To Serve SC2 DCB}); \text{Max. Capacity SC1 DCB})
 \end{aligned}
 \tag{4.143}$$

$$\text{On Hand (W – 7)} = \text{DCB}_{\text{Third}} (\text{W – 7})
 \tag{4.144}$$

*Available SC1 DCB (W – 8)*

$$\begin{aligned}
 &= \text{Available SC1 DCB(W – 7)} + \text{Proc. Order SC1 DCB(W – 7)} - \text{Final SC1 DCB(W – 7)} \\
 &- \text{MAX}(\text{Pending(W – 7)} - \text{Pending(W – 8)}; 0) \times \text{Final Share SC1 DCB (W – 6)}
 \end{aligned}
 \tag{4.145}$$

*Proc. Order SC1 DCB (W – 7)*

$$\begin{aligned}
 &= \text{MAX} (\text{LT} - \text{DCB} * \text{Final Share SC1 DCB (W – 6)} * \text{Total Demand B (W – 7)} + \text{SS} \\
 &- \text{SC1 DCB} - \text{Available SC1 DCB (W – 7)}; 0)
 \end{aligned}
 \tag{4.146}$$

A continuación podemos completar las celdas que nos faltaban en los dos Customer Region A y B. Empezamos por el A (ver Fig. 4.26).



Customer Region A																	
Week	Demand	Pending w-1	Total Demand	Initial SC1	Initial SC2	Initial SCX	Final SC1	Final SC2	Initial Pend w	Final SCX	Pending w	Initial Share SC1	Initial Share SC2	Initial Share SCX	Final Share SC1	Final Share SC2	Final Share SCX
W-8	200	0	200	100	100	0	100	100	0	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0
First	x	x	x	x	x	x						x	x	x	x	x	x
Second																	
Third							x	x	x	x	x						
Fourth																	
Fifth																	
W-7	200	0	200	100	100	0	100	100	0	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0

Fig. 4.26. Paso 3, Customer Region A.

Los valores Final SC1 y Final SC2 ya se han calculado en las tablas de SC1 Distribution Center A y SC2 Distribution Center B. Por tanto son igual a esos valores. A partir de aquí se puede calcular si existe un Pending Inicial, es decir, si la cantidad entregada por las dos cadenas de suministro en la Región A satisface totalmente la demanda existente.

$$\begin{aligned}
 & \text{Initial Pending } (W - 7) \\
 &= \text{Total Demand } A(W - 7) - \text{Final SC1}(W - 7) - \text{Final SC2}(W - 7)
 \end{aligned}
 \tag{4.147}$$

A partir de aquí se calcularía si tiene que entregar alguna cantidad el suministrador alternativo, Final SCX. Como ya se describió detenidamente en el apartado 4.1.4, el SCX solo entrega material si existe una cantidad que lleve 3 semanas considerándose como Pending. La fórmula utilizada para calcularlo es la siguiente:

$$\begin{aligned}
 & \text{Final Share SCX (Region A)}(W - 7) \\
 &= \text{MAX}(\text{Pending } w - 1(w - 8) - \text{Initial SCX}(w - 8) - \text{Final SC1}(w - 8) - \text{Final SC2}(w - 8) \\
 & - \text{Final SCX}(w - 8) - \text{Initial SCX}(w - 7) - \text{Final SC1}(w - 7) - \text{Final SC2}(w - 7); 0)
 \end{aligned}
 \tag{4.148}$$

Por tanto el pending final de la semana siempre se calcula restando el Final SCX al pending inicial.

$$\text{Pending } (W - 7) = \text{Initial Pending}(W - 7) - \text{Final SCX}(W - 7)
 \tag{4.149}$$

Igualmente podemos calcular las celdas restantes en la tabla del Customer Region B (ver Fig. 4.27).

Las fórmulas que aplicamos son iguales, pero referenciadas al Customer Region B.

Customer Region B																	
Week	Demand	Pending w-1	Total Demand	Initial SC1	Initial SC2	Initial SCX	Final SC1	Final SC2	Initial Pending w	Final SCX	Pending w	Initial Share SC1	Initial Share SC2	Initial Share SCX	Final Share SC1	Final Share SC2	Final Share SCX
W-8	200	0	200	100	100	0	100	100	0	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0
First	x	x	x	x	x	x						x	x	x	x	x	x
Second																	
Third							x	x	x	x	x						
Fourth																	
Fifth																	
W-7	200	0	200	100	100	0	100	100	0	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0,5	0

Fig. 4.27. Paso 3, Customer Region B.

$$\text{Initial Pending } (W - 7)$$

$$= \text{Total Demand } B(W - 7) - \text{Final SC1}(W - 7) - \text{Final SC2}(W - 7) \quad (4.150)$$

$$\text{Final Share SCX (Region B)}(W - 7)$$

$$= \text{MAX}(\text{Pending } w - 1(w - 8) - \text{Initial SCX}(w - 8) - \text{Final SC1}(w - 8) - \text{Final SC2}(w - 8) - \text{Final SCX}(w - 8) - \text{Initial SCX}(w - 7) - \text{Final SC1}(w - 7) - \text{Final SC2}(w - 7); 0) \quad (4.151)$$

$$\text{Pending } (W - 7) = \text{Initial Pending}(W - 7) - \text{Final SCX}(W - 7) \quad (4.152)$$

#### 4.1.5.4 Paso 4

En el cuarto paso el Assembly & Packaging fabrica una cantidad determinada de productos, en función de los pedidos anteriores y de su capacidad y stock, y los almacena. Este almacenamiento viene representado por la casilla A&P Process (ver Fig. 4.28).

ORDER BOARD + ALTERNATIVE											
Week	C. Supplier				Assembly & Packaging		Distribution Center A		Distribution Center B		
	C. Supplier	IT-A&P1	IT-A&P2	IT-A&P3	A&P Stock	A&P Process	IT-DCA	DCA	IT-DCB1	IT-DCB2	DCB
W-8	200	200	200	200	400	200	100	200	100	100	200
First	200	0	200	200	600	200	0	300	0	100	300
Second	0	200	200	200	600	0	100	300	100	100	300
Third	0	200	200	200	600	0	100	200	100	100	200
Fourth	0	200	200	200	400	200	100	200	100	100	200
Fifth											
W-7											

Fig. 4.28. Paso 4, Order Board + Alternative.

Por tanto, en este paso es donde se calcula la cantidad que se procesa en el A&P, que en este caso ha sido de 200 unidades, y que se refleja en este Paso 4 del tablero de juego.

La casilla donde se almacena la materia prima que llega del Component Supplier, el A&P Stock, pierde material en beneficio del A&P Process que recibe los productos ya ensamblados y listos para la venta.

$$A\&P\ Stock_{Fourth}(W - 7) = A\&P\ Stock_{Third}(W - 7) - Processed(W - 7) \quad (4.153)$$

En este paso podemos completar las casillas que faltaban en la tabla SC1 Assembly & Packaging (ver Fig. 4.29).

SC1-Assembly & Packaging															
Week	Received	Pending w-1	Incoming Order	Processed	Pending	Demand A	Delivered A	Backorder A	Demand B	Delivered B	Backorder B	Proc Order	On-Hand	Available	Supply Order
W-8	200	0	200	200	0	100	100	0	100	100	0	200	400	1000	200
First	x	x				x			x						
Second							x	x		x	x				
Third															
Fourth			x	x	x							x	x	x	x
Fifth															
W-7	200	0	200	200	0	100	100	0	100	100	0	200	400	1000	200

Fig. 4.29. SC1 Assembly & Packaging.

El primer cálculo que se puede completar es el de las órdenes de producción de los centros de distribución, que ya están hechas.

$$Proc. Order (W - 7) = Proc. Order DCA (W - 7) - Proc. Order DCB (W - 7) \quad (4.154)$$

A partir de esto es posible calcular ya la orden que es necesario procesar en el A&P para cumplir con las órdenes de los centros de distribución.

$$Incoming Order (W - 7) = Proc. Order (W - 7) + Pending w - 1 (W - 7) \quad (4.155)$$

Una vez se conozca la necesidad de fabricación, se comprueba cual va a ser la cantidad procesada final.

$$Processed (W - 7) = MIN(Incoming Order (W - 7); MAX(Max. Capacity SC1 - A\&P;0;A\&P\ STOCK_{Third})) \quad (4.156)$$

Una vez conocida la cantidad procesada y cuál era la orden de fabricación, la resta entre ambas nos permita conocer si existe una cantidad que no ha sido posible fabricar.

$$Pending (W - 7) = Incoming Order (W - 7) - Processed (W - 7) \quad (4.157)$$

Tras calcular la cantidad procesada, el valor restante en A&P Stock se considera como la cantidad que hay On Hand al final de esa semana.

$$On Hand (W - 7) = A\&P Stock_{Fourth} (W - 7) \quad (4.158)$$

A partir de aquí podríamos calcular el disponible para el A&P. En esta primera semana el cálculo varía un poco respecto a la semana -8. Se obtiene de la siguiente manera: DISPONIBLE SEMANA ANTERIOR + ORDEN REALIZADA LA SEMANA ANTERIOR – PROCESADO – BACKORDER GENERADO ESA SEMANA (\*).

$$\begin{aligned} &Avialable (W - 7) \\ = &Available SC1_{A\&P}(W - 7) + Supply Order A\&P(W - 7) - Processed (W - 7) \\ &- ((Backorder A (W - 7) - Backorder A (W - 8)) + (Backorder B(W - 7) \\ &- Backorder B(W - 8))) \end{aligned} \quad (4.159)$$

**(\*) NOTA:** es el backorder generado en la semana -7, porque el generado en la semana -8 se sumó ya en el disponible anterior. Como las columnas de backorder van acumulando el backorder total de cada región, lo que hacemos es restarle al total de la semana -7, el total de la semana -8. Así obtenemos el backorder generado en la semana -7.

Y con el Available se puede calcular la orden de producción del A&P.

$$\begin{aligned} &Supply Order (W - 7) \\ = &Proc. Order (W - 7) * LT_{A\&P} + SS_{A\&P} - Avialable (W - 7) \end{aligned} \quad (4.160)$$

#### 4.1.5.5 Paso 5

En este paso es donde se hace efectiva la orden de producción del A&P y se refleja en la casilla del Component Supplier en el paso 5 (ver Fig. 4.30).

ORDER BOARD + ALTERNATIVE											
Week	C. Supplier				Assembly & Packaging		Distribution Center A		Distribution Center B		
	C. Supplier	IT-A&P1	IT-A&P2	IT-A&P3	A&P Stock	A&P Process	IT-DCA	DCA	IT-DCB1	IT-DCB2	DCB
W-8	200	200	200	200	400	200	100	200	100	100	200
First	200	0	200	200	600	200	0	300	0	100	300
Second	0	200	200	200	600	0	100	300	100	100	300
Third	0	200	200	200	600	0	100	200	100	100	200
Fourth	0	200	200	200	400	200	100	200	100	100	200
Fifth	200	200	200	200	400	200	100	200	100	100	200
W-7											

Fig. 4.30. Paso 5, Order Board + Alternative.

La fórmula que se utiliza para calcular los pedidos que puede asumir el Component Supplier para enviarlos la semana siguiente es:

$$\begin{aligned}
 & \text{Component Supplier}_{Fith}(W - 7) \\
 &= \text{MIN}(\text{Max Capacity SC1 C. Supplier}; \text{Supply Order}(W - 7) + \text{Pending}(W - 7))
 \end{aligned}
 \tag{4.161}$$

El pedido al Component Supplier es igual a la suma de la orden de producción del A&P más los pedidos que el A&P no ha podido atender antes, el Pending del C. Supplier. Pero siempre hay que comparar con la máxima capacidad de gestionar pedidos del Comp. Supplier.

En este paso se pueden completar los datos que nos faltaban en la tabla del Component Supplier, que no es más que los valores de los pedidos que están en curso hacia A&P (ver Fig. 4.31).

Component Supplier						
Week	Incoming Order	Served	Pending	In transit w-1	In transit w-2	In transit w-3
W-8	200	200	0	200	200	200
First	0					
Second		0	0			
Third						
Fourth						
Fifth				0	0	0
W-7	200	200	0	200	200	200

Fig. 4.31. Paso 5, Component Supplier.

$$\text{In transit } w - 1 (W - 7) = \text{IT\_A\&P1}_{Fith}
 \tag{4.162}$$

$$In\ transit\ w - 2\ (W - 7) = IT\_A\&P2_{Fith} \quad (4.163)$$

$$In\ transit\ w - 3\ (W - 7) = IT\_A\&P3_{Fith} \quad (4.164)$$

## 4.2. Component Supplier

En este apartado se explicará cuáles son las variaciones que se introducen a la tabla del Warm Up para adaptarla a las condiciones del Component Supplier. Para ello se simulará un fallo de 6 semanas para el mismo.

Antes de todo se va a explicar el funcionamiento de la parte de la tabla que gestiona el Backup Board. Para las incidencias, el funcionamiento de este tablero es igual para todas ellas pero distinto que en el Warm Up.

### 4.2.1. Backup Board

Como ya se ha dicho, se simulará un fallo de 6 semanas para el Player 1 en el Component Supplier del y con un tipo de Backup contratado que entregue hasta el 50% de la capacidad máxima del Component Supplier a partir de la segunda semana.

El tablero tiene la misma estructura que en el Warm Up (ver Fig. 4.32). En la primera fila se han recuadrado mediante línea de puntos las casillas en las que se indican las condiciones de Backup y Stock de Seguridad de cada una de las partes del tablero, además del número de semanas del fallo. Estas son las condiciones de juego que cada jugador puede decidir antes de cada turno, y es la única parte de las tablas de incidencia que hay que completar.

En la zona del Component Supplier contratamos un backup número 2 (50% a las 2 semanas), que implica 3 fichas del total.

En el Assembly & Packaging fijamos un Stock de Seguridad de 400 unidades, lo que supone 4 fichas. Y un backup número 2 (50% a las 2 semanas), que implica 9 fichas.

En el Distribution Center A tenemos un Stock de Seguridad de 200 unidades, que suponen 4 fichas. Y un backup número 2 (50% a las 2 semanas), que implica 6 fichas.

En el Distribution Center B tenemos un Stock de Seguridad de 200 unidades, que suponen 4 fichas. Y un backup número 2 (50% a las 2 semanas), que implica 6 fichas.

Por último sale el cálculo de las fichas utilizadas (Allocated), que son 36. El número total de fichas de que disponemos, que son 36. Y el número de fichas que quedan libre, en este caso 0, porque hemos utilizado todas las disponibles.

Todas las casillas que se han explicado, toman los mismos valores a lo largo de las 8 semanas de la incidencia. Toda estrategia de juego se mantiene constante durante un turno de 8 semanas.

BACKUP BOARD																				
Week	Failure Parameters			C.Supplier		Assembly & Packaging				Distribution Center A				Distribution Center B				Budget		
	N-Weeks	Failure	Backup Service	Backup	Chips	SS	Chips	Backup	Chips	SS	Chips	Backup	Chips	SS	Chips	Backup	Chips	Allocated	Total	Free
W0	6	1	0	2	3	400	4	2	9	200	4	2	6	200	4	2	6	36	36	0
First																				
Second																				
Third																				
Fourth																				
Fifth																				
W1	6	1	0	2	3	400	4	2	9	200	4	2	6	200	4	2	6	36	36	0
First																				
Second																				
Third																				
Fourth																				
Fifth																				
W2	6	1	1	2	3	400	4	2	9	200	4	2	6	200	4	2	6	36	36	0
First																				
Second																				
Third																				
Fourth																				
Fifth																				
W3	6	1	1	2	3	400	4	2	9	200	4	2	6	200	4	2	6	36	36	0
First																				
Second																				
Third																				
Fourth																				
Fifth																				
W4	6	1	1	2	3	400	4	2	9	200	4	2	6	200	4	2	6	36	36	0
First																				
Second																				
Third																				
Fourth																				
Fifth																				
W5	6	1	1	2	3	400	4	2	9	200	4	2	6	200	4	2	6	36	36	0
First																				
Second																				
Third																				
Fourth																				
Fifth																				
W6	6	0	0	2	3	400	4	2	9	200	4	2	6	200	4	2	6	36	36	0
First																				
Second																				
Third																				
Fourth																				
Fifth																				
W7	6	0	0	2	3	400	4	2	9	200	4	2	6	200	4	2	6	36	36	0
First																				
Second																				
Third																				
Fourth																				
Fifth																				
W8	6	0	0	2	3	400	4	2	9	200	4	2	6	200	4	2	6	36	36	0

Fig. 4.32. Backup Board.

La parte que si varía respecto al Backup Board del Warm Up es la de los parámetros de fallo (Failure Parameters).

Dentro de esta zona lo único que hay que completar es el número de semanas que dura el fallo, en este caso 6 semanas. El valor de esta fila se repetirá en todas las filas de este turno.

En función del número de semanas de fallo se completará la siguiente columna, Failure. En cada fila puede tomar dos valores: 1 si es una semana en la que existe fallo ó 0 si es una semana en la que no hay fallo. Como la duración de la incidencia en el Component Supplier es de 6 semanas el valor de Failure será 1 durante las 6 primeras semanas, y cero durante las siguientes.

La siguiente columna del Backup Service también puede tomar dos valores: 1 si en esa semana actúa el Backup contratado para subsanar la incidencia ó 0 si no hay Backup en esa semana

actuando. Como la incidencia existente en este caso es del Component Supplier la columna del Backup Service se rellena en función del valor que tenga la columna del Backup del Component Supplier. En este caso es 2, que es que entrega hasta el 50% de la capacidad máxima a partir de la segunda semana. Por eso a partir de la semana 2 el valor del Backup Service pasa a ser 1 y se mantiene así hasta el final de la incidencia, es decir hasta la semana 6.

Hay que recordar que para incidencias mayores de 3 semanas el fallo afecta a los dos jugadores. Por tanto la columna "Failure" está diseñada para que ponga los unos correspondientes cuando se produce un fallo en el jugador 2 mayor de 3 semanas. Lo mismo ocurriría en caso contrario, por eso el Backup Board del jugador 2 tendrá en la columna "Failure" 6 unos durante las 6 primeras semanas de incidencia.

#### 4.2.2. Desarrollo de la Incidencia en el Component Supplier

El proceso de los cinco pasos explicados en el Warm Up se mantiene en todas las incidencias. Lo que se hace es introducir modificaciones en algunas fórmulas en función de la incidencia que se produzca. Además se completa el tablero de juego (ORDER BOARD + ALTERNATIVE) con una columna que representa al alternativo, que en este caso será el Alternative Component Supplier. Éste servirá para administrar las funciones del Backup en el caso de que se haya contratado alguno.

Se va a explicar un fallo de 6 semanas en el Component Supplier, para el jugador 1, cuando se contrata un backup que funciona al 50% de la capacidad máxima en 2 semanas. Para ello primero se comprueba que ocurre en las primeras 6 semanas (ver Fig. 4.33), es decir, mientras dura el fallo y luego como finaliza la semana.

El primer cambio es en el paso 1 de la primera semana de la incidencia. Una vez conocido el número de semanas de la incidencia pueden pasar dos cosas:

- Si es par, se pierden todos los pedidos que estaban en curso en el Component Supplier.
- Si es impar, todos los pedidos que estaban en curso en el Component Supplier pasaría al Alternative Component Supplier. Y se entregaría a partir de la semana que comience el backup.

Como en este caso el número de semana es 6, se pierden los 200 pedidos que estaban en curso en el C.Supplier. Las fórmulas a través de las que controlamos esto son:

$$C.Supplier_{First}(W 1) = SI(Failure(W 0)) \quad (4.165)$$

$$= 1; 0; C.Supplier(W 0) + Alternative C.Supplier(W0))$$

Si en esa semana hay fallo, el C.Supplier pasa a valer cero en el paso 1 de la primera semana. Y si no hay fallo es igual al C.Supplier de la semana anterior más lo que se tenga en el Alternativo.



$$\begin{aligned}
 & \text{Alternative C. Supplier}_{\text{First}} (W 1) = SI(\text{Failure} (W 0) \\
 & = 1; SI \left( O(N^{\circ} \text{Weeks}_{\text{Player1}} = 2; N^{\circ} \text{Weeks}_{\text{Player1}} \right. \\
 & = 4; N^{\circ} \text{Weeks}_{\text{Player1}} = 6; N^{\circ} \text{Weeks}_{\text{Player2}} = 4; N^{\circ} \text{Weeks}_{\text{Player2}} \\
 & = 6); 0; C. \text{Supplier}(W 0) \left. \right); 0)
 \end{aligned}
 \tag{4.166}$$

En esta lo que se hace es: si hay fallo en esa semana, si el número de semanas de fallo es par (bien sea para el jugador 1 para 2, 4 ó 6 semanas, o bien para el jugador 2 para 4 ó 6 semanas) el valor que hay en la casilla del alternativo sería cero, porque perdemos el material. Y si el fallo no es par, el valor del alternativo sería igual al valor del Component Supplier de la semana anterior. En el caso de que no exista fallo, el valor del alternativo será cero.

ORDER BOARD + ALTERNATIVE												
Week	C. Supplier					Assembly & Packaging		Distribution Center A		Distribution Center B		
	C. Supplier	Alternative C. Supplier	IT-A&P1	IT-A&P2	IT-A&P3	A&P Stock	A&P Process	IT-DCA	DCA	IT-DCB1	IT-DCB2	DCB
W0	200	0	200	200	200	400	200	100	200	100	100	200
First	0	0	0	200	200	600	200	0	300	0	100	300
Second	0	0	0	200	200	600	0	100	300	100	100	300
Third	0	0	0	200	200	600	0	100	200	100	100	200
Fourth	0	0	0	200	200	400	200	100	200	100	100	200
Fifth	0	400	0	200	200	400	200	100	200	100	100	200
W1	0	400	0	200	200	400	200	100	200	100	100	200
First	0	400	0	0	200	600	200	0	300	0	100	300
Second	0	400	0	0	200	600	0	100	300	100	100	300
Third	0	400	0	0	200	600	0	100	200	100	100	200
Fourth	0	400	0	0	200	400	200	100	200	100	100	200
Fifth	0	600	0	0	200	400	200	100	200	100	100	200
W2	0	600	0	0	200	400	200	100	200	100	100	200
First	0	600	0	0	0	600	200	0	300	0	100	300
Second	0	200	400	0	0	600	0	100	300	100	100	300
Third	0	200	400	0	0	600	0	100	200	100	100	200
Fourth	0	200	400	0	0	400	200	100	200	100	100	200
Fifth	0	400	400	0	0	400	200	100	200	100	100	200
W3	0	400	400	0	0	400	200	100	200	100	100	200
First	0	400	0	400	0	400	200	0	300	0	100	300
Second	0	0	400	400	0	400	0	100	300	100	100	300
Third	0	0	400	400	0	400	0	100	200	100	100	200
Fourth	0	0	400	400	0	200	200	100	200	100	100	200
Fifth	0	200	400	400	0	200	200	100	200	100	100	200
W4	0	200	400	400	0	200	200	100	200	100	100	200
First	0	200	0	400	400	200	200	0	300	0	100	300
Second	0	0	200	400	400	200	0	100	300	100	100	300
Third	0	0	200	400	400	200	0	100	200	100	100	200
Fourth	0	0	200	400	400	0	200	100	200	100	100	200
Fifth	0	200	200	400	400	0	200	100	200	100	100	200
W5	0	200	200	400	400	0	200	100	200	100	100	200
First	0	200	0	200	400	400	200	0	300	0	100	300
Second	0	0	200	200	400	400	0	100	300	100	100	300
Third	0	0	200	200	400	400	0	100	200	100	100	200
Fourth	0	0	200	200	400	200	200	100	200	100	100	200
Fifth	0	200	200	200	400	200	200	100	200	100	100	200
W6	0	200	200	200	400	200	200	100	200	100	100	200

Fig. 4.33. Primeras 6 semanas, Order Board + Alternative.

En el Paso 2 de la primera semana sería cuando el Component Supplier debería entregar los pedidos que tenga en curso al final del Paso 1 al IT-A&P1. Como estamos en una situación de fallo no se va a entregar nada, ya que además no puede actuar todavía el Backup. Las fórmulas que gestionan estas tres primeras celdas del Paso 2 son las siguientes:

$$\begin{aligned}
 C.Supplier_{Second}(W\ 1) &= SI(Failure(W\ 0)) \\
 &= 0; C.Supplier_{First}(W\ 0) - IT\_A\&P1_{Second}; C.Supplier_{First}(W\ 0))
 \end{aligned}
 \tag{4.167}$$

Es decir, si no hay fallo sí que hay entrega de material. Por tanto, lo que se entregue hay que restárselo al valor que había en el primer paso del C.Supplier. Si hay fallo, el valor del C.Supplier en el Paso 2 es igual al del Paso 1.

$$\begin{aligned}
 Alternative\ C.Supplier_{Second}(W\ 1) &= SI(Failure(W\ 0)) \\
 &= 1; Alternative\ C.Supplier_{First}(W\ 1) \\
 &- IT\_A\&P1_{Second}; Alternative\ C.Supplier_{First}(W\ 1))
 \end{aligned}
 \tag{4.168}$$

De la misma manera se calcula la fórmula para el Alternativo. Si hay fallo, por si hubiera entrega de material debido al backup, restamos lo que se ha entregado al valor que hubiera en el Alternativo en el Paso 1. Si no hay fallo, el Alternativo en el segundo paso sería igual al valor del Alternativo en el primer paso.

$$IT\_A\&P1_{Second}(W\ 1) = IT\_A\&P1_{First}(W\ 1) + C.Supplier_{First}(W\ 1) \tag{4.169}$$

En estas dos primeras semanas esta fórmula será igual que en el calentamiento, ya que aunque exista fallo, no hay posibilidad de que actúe el backup. De manera que esta fórmula sumará a IT-A&P1 la cantidad que había en el C.Supplier, que será mayor que cero si no hay fallo y cero si lo hay.

En el Paso 5 de cada semana es cuando se hace el pedido al Component Supplier. En esta incidencia lo que se hace es diferenciar entre si hay fallo o no lo hay para asignar el pedido al C.Supplier original o al Alternativo.

$$\begin{aligned}
 C.Supplier_{Fifth}(W\ 1) &= SI(Failure(W\ 0)) \\
 &= 0; MIN\left(Max\ Capacity\ Comp.Supplier; Supply\ Order(W\ 1)\right. \\
 &\left.+ Pending_{C.Supplier}(W\ 1)\right); C.Supplier_{Fourth}(W\ 1))
 \end{aligned}
 \tag{4.170}$$

$$\begin{aligned}
& \text{Alternative C. Supplier}_{Fifth}(W 1) = SI(\text{Failure}(W 0)) \\
& = 1; \text{MIN} \left( \text{Max Capacity Comp. Supplier}; \text{Supply Order}(W 1) \right. \\
& \quad \left. + \text{Pending}_{C. \text{Supplier}}(W 1); \text{Alternative C. Supplier}_{Fourth}(W 1) \right)
\end{aligned} \tag{4.171}$$

En la fórmula 4.170, se hace el pedido al Component Supplier de la misma manera que se hacía en el Warm Up, pero comprobando si no hay fallo. En el caso de que lo hubiera, esa casilla sería igual al valor del Component Supplier en el Paso 4.

Por el contrario en la fórmula 4.171, se hace el pedido (al igual que en el Warm Up) sólo si hay fallo. En caso contrario el Alternativo en el Paso 5 sería igual al valor del Paso 4.

Una vez han pasado las dos primeras semanas de la incidencia, existe la posibilidad de que funcione el backup. Como este interviene en la cantidad entregada por el Alternativo hacia IT-A&P1 en el Paso 2, hay que variar la fórmula de esta casilla. Esta fórmula tiene 3 factores, debido a las 3 posibles situaciones que se pueden dar:

- **Factor 1:** en el caso de que no exista fallo en esa semana, el funcionamiento de esta casilla tiene que ser igual al del Warm Up. En caso contrario este factor será igual al valor del IT-A&P1 en el Paso 1, es decir cero.

$$\begin{aligned}
& IT\_A\&P1_{Second}(W 3)(\text{Factor 1}) = SI(\text{Failure}(W 2)) \\
& = 0; IT\_A\&P1_{First} + C. \text{Supplier}_{First}; IT\_A\&P1_{First}(W 3))
\end{aligned} \tag{4.172}$$

- **Factor 2:** si hay fallo y además el backup es el número 2 (50% a las 2 semanas) habría entrega de material, pero la capacidad máxima de entrega sería la mitad de la original del Component Supplier. En caso de que no exista fallo o el backup no sea igual a 2 este factor será igual al valor del IT-A&P1 en el Paso 1.

$$\begin{aligned}
& IT\_A\&P1_{Second}(W 3)(\text{Factor 2}) \\
& = SI(Y(\text{Failure}(W 2) = 1; \text{Backup Service}(W 2) = 1; \text{Backup C. Supplier} \\
& = 2); \text{MIN}(0,5 \\
& * \text{Max. Cap. C. Supplier}; \text{Alternative C. Supplier}); IT\_A\&P1_{First}(W 3))
\end{aligned} \tag{4.173}$$

- **Factor 3:** si hay fallo y además el backup es el número 4 (100% a las 2 semanas) habría entrega de material, y la capacidad máxima de entrega sería la original del Component Supplier. En caso de que no exista fallo o el backup no sea igual a 4 este factor será igual al valor del IT-A&P1 en el Paso 1.

$$IT\_A\&P1_{Second}(W\ 3)(\textbf{Factor 3})$$

$$= SI(Y(Failure(W\ 2) = 1; Backup\ Service(W\ 2) = 1; Backup\ C.\ Supplier = 4); MIN(Max.\ Cap.\ C.\ Supplier; Alternative\ C.\ Supplier); IT\_A\&P1_{First}(W\ 3)) \quad (4.174)$$

En el caso que se ha cogido como ejemplo, tenemos un backup del 50% a las dos semanas. Por tanto el factor que sería mayor que cero al calcular el IT-A&P1 en el Paso 2 sería el Factor 2. Se comprueba que en el desarrollo de la semana 3 hay 600 unidades en el Alternativo, en el Paso 1 (ver Fig. 4.33). La capacidad original del C.Supplier era de 800 unidades. Como el Alternativo responde a un backup que funciona al 50% de la capacidad máxima, solo será capaz de entregar 400 unidades de las 600 que tenía.

Una vez han pasado las primeras 4 semanas ya pueden actuar los otros dos tipos de backup: 50% a las 4 semanas y 100% a las 4 semanas. Por esto es necesario variar la fórmula de IT-A&P1 para el Paso 2, en las semanas 5 y 6.

- **Factor 1:** este sería igual que en la fórmula anterior.

$$IT\_A\&P1_{Second}(W\ 5)(\textbf{Factor 1}) = SI(Failure(W\ 2) = 0; IT\_A\&P1_{First} + C.\ Supplier_{First}; IT\_A\&P1_{First}(W\ 3)) \quad (4.175)$$

- **Factor 2:** este factor varía en cuanto a que no solo consideramos que el backup pueda ser el número 2, sino el número 1 también.

$$IT\_A\&P1_{Second}(W\ 3)(\textbf{Factor 2})$$

$$\begin{aligned} &= SI(Y(Failure(W\ 2) = 1; Backup\ Service(W\ 2) = 1; \mathbf{O(Backup\ C.\ Supplier} \\ &= \mathbf{2; Backup\ C.\ Supplier} \\ &= \mathbf{1})); MIN(0,5 \\ &* Max.\ Cap.\ C.\ Supplier; Alternative\ C.\ Supplier); IT\_A\&P1_{First}(W\ 3)) \end{aligned} \quad (4.176)$$

- **Factor 3:** este factor varía en cuanto a que no solo consideramos que el backup pueda ser el número 4, sino el número 3 también.

$$IT\_A\&P1_{second}(W\ 3)(Factor\ 3)$$

$$= SI(Y(Failure(W\ 2) = 1; Backup\ Service(W\ 2) = 1; 0(Backup\ C.\ Supplier$$

$$= 4; Backup\ C.\ Supplier$$

$$= 3)); MIN(Max.\ Cap.\ C.\ Supplier; Alternative\ C.\ Supplier); IT\_A\&P1_{First}(W\ 3))$$
(4.177)

A partir de la semana 6 el fallo termina y la cantidad que hubiera en nuestro alternativo se traslada al C.Supplier original para que todo siga funcionando como antes del fallo (ver Fig. 4.34).

W6	0	200	200	200	400	200	200	100	200	100	100	200
First	200	0	0	200	200	600	200	0	300	0	100	300
Second	0	0	200	200	200	600	0	100	300	100	100	300
Third	0	0	200	200	200	600	0	100	200	100	100	200
Fourth	0	0	200	200	200	400	200	100	200	100	100	200
Fifth	200	0	200	200	200	400	200	100	200	100	100	200
W7	200	0	200	200	200	400	200	100	200	100	100	200
First	200	0	0	200	200	600	200	0	300	0	100	300
Second	0	0	200	200	200	600	0	100	300	100	100	300
Third	0	0	200	200	200	600	0	100	200	100	100	200
Fourth	0	0	200	200	200	400	200	100	200	100	100	200
Fifth	200	0	200	200	200	400	200	100	200	100	100	200
W8	200	0	200	200	200	400	200	100	200	100	100	200

Fig. 4.34. Semana 7 y Semana 8.

Utilizando las fórmulas que se han explicado para las semanas 1 y 2, donde no existía posibilidad de backup, el proceso de juego vuelve a su normalidad. Precisamente por esto se crearon fórmulas homogéneas para que pudieran servir en varias situaciones.

### 4.3. Assembly and Packaging

En este caso se va a suponer un fallo de 5 semanas para el Jugador 2, pero se analizará de nuevo la evolución del Jugador 1. Recordemos que un fallo superior a 3 semanas afecta a ambos jugadores. El backup que se va a contratar para el A&P del Jugador 1 va a ser el número 4 (100% a las 2 semanas), que es el más efectivo de todos.

En el tablero principal de esta incidencia se añaden dos casillas que representan el Alternative Assembly and Packaging. En este caso se va a describir el funcionamiento de las 5 primeras semanas (ver Fig. 4.35), que es cuando se produce el fallo, para después describir la vuelta a la normalidad en las siguientes tres semanas. Nos centraremos en aquellas casillas que cambien su programación respecto de la del Warm Up.

ORDERS BOARD + ALTERNATIVE													
Week	C. Supplier				Assembly & Packaging				Distribution Center A		Distribution Center B		
	C. Supplier	IT-A&P1	IT-A&P2	IT-A&P3	A&P Stock	A&P Process	Alternative A&P Stock	Alternative A&P Process	IT-DCA	DCA	IT-DCB1	IT-DCB2	DCB
W0	200	200	200	200	400	200	0	0	100	200	100	100	200
First	200	0	200	200	0	0	600	200	0	300	0	100	300
Second	0	200	200	200	0	0	600	200	0	300	0	100	300
Third	0	200	200	200	0	0	600	200	0	300	0	100	200
Fourth	0	200	200	200	0	0	600	200	0	200	0	100	200
Fifth	0	200	200	200	0	0	600	200	0	200	0	100	200
W1	0	200	200	200	0	0	600	200	0	200	0	100	200
First	0	0	200	200	0	0	800	200	0	200	0	0	300
Second	0	0	200	200	0	0	800	200	0	200	0	0	300
Third	0	0	200	200	0	0	800	200	0	100	0	0	200
Fourth	0	0	200	200	0	0	600	400	0	100	0	0	200
Fifth	400	0	200	200	0	0	600	400	0	100	0	0	200
W2	400	0	200	200	0	0	600	400	0	100	0	0	200
First	400	0	0	200	0	0	800	400	0	100	0	0	200
Second	0	400	0	200	0	0	800	0	200	100	200	0	200
Third	0	400	0	200	0	0	800	0	200	0	200	0	100
Fourth	0	400	0	200	0	0	400	400	200	0	200	0	100
Fifth	200	400	0	200	0	0	400	400	200	0	200	0	100
W3	200	400	0	200	0	0	400	400	200	0	200	0	100
First	200	0	400	0	0	0	600	400	0	200	0	200	100
Second	0	200	400	0	0	0	600	0	200	200	200	200	100
Third	0	200	400	0	0	0	600	0	200	0	200	200	0
Fourth	0	200	400	0	0	0	275	325	200	0	200	200	0
Fifth	625	200	400	0	0	0	275	325	200	0	200	200	0
W4	625	200	400	0	0	0	275	325	200	0	200	200	0
First	625	0	200	400	0	0	275	325	0	200	0	200	200
Second	0	625	200	400	0	0	275	0,00000E+00	225	200	100	200	200
Third	0	625	200	400	0	0	275	0	225	0	100	200	0
Fourth	0	625	200	400	0	0	0	275	225	0	100	200	0
Fifth	800	625	200	400	0	0	0	275	225	0	100	200	0
W5	800	625	200	400	0	0	0	275	225	0	100	200	0

Fig. 4.35. Primeras 5 semanas, Order Board + Alternative.

Al producirse un fallo de un número de semanas impar, no se pierden ni los pedidos que hay en el A&P Stock, ni los productos ya fabricados y listos para enviar del A&P Process. Lo que ocurre es que pasan al Alternative A&P, para que este pueda gestionarlos en caso de que entre en funcionamiento el backup contratado. Las fórmulas que gestionan estas cuatro casillas en el Paso 1 de la primera semana son las siguientes:

$$\begin{aligned}
 A\&P\ Stock_{First}(W\ 1) &= SI(Failure(W\ 0)) \\
 &= 1; 0; A\&P\ Stock(W\ 0) + IT\_A\&P3(W\ 0) \\
 &\quad + Alternative\ A\&P\ Stock(W\ 0))
 \end{aligned}
 \tag{4.178}$$

Si hay fallo, la celda pasa a valer cero porque los pedidos se van al alternativo. Si no se suma a lo que había en la misma celda del Paso 1 lo que le llega del IT-A&P3, y además se le suma lo que hay en la celda homóloga del Alternativo. Esto último no tiene sentido en esta primera semana, pero si en las siguientes. Porque cuando el fallo termine los pedidos que tenga el Alternativo pasarían al A&P Stock original. En la situación que se muestra, el fallo existe y el valor de A&P Stock es cero.

$$\begin{aligned}
 A\&P\ Process_{First}(W\ 1) &= SI(Failure(W\ 0)) \\
 &= 1; 0; A\&P\ Process(W\ 0) + Alternative\ A\&P\ Process(W\ 0))
 \end{aligned}
 \tag{4.179}$$

De nuevo si hay fallo la casilla A&P Process se quedaría a cero, porque todo el material pasa a la correspondiente del Alternativo. Si no hay fallo, a lo que había en el Paso 1 en el A&P Process se le suma lo que había en el Alternative A&P Process. De nuevo esto último no tiene sentido en esta primera semana, pero sí cuando termine el fallo y las cantidades del alternativo pasen a las casillas originales del A&P. En el ejemplo, el valor de A&P Process es cero porque hay fallo.

$$\begin{aligned}
 Alternative\ A\&P\ Stock_{First}(W\ 1) &= SI(Failure(W\ 0)) \\
 &= 1; SI\left(O(N^oWeeks_{Player1} = 2; N^oWeeks_{Player1} \right. \\
 &= 4; N^oWeeks_{Player1} = 6; N^oWeeks_{Player2} = 4; N^oWeeks_{Player2} \\
 &= 6); Alternative\ A\&P\ Stock(W\ 0) \\
 &+ IT\_A\&P3(W\ 0); A\&P\ Stock(W\ 0) \\
 &\left. + IT\_A\&P3(W\ 0)\right); Alternative\ A\&P\ Stock(W\ 0))
 \end{aligned}
 \tag{4.180}$$

Si hay fallo, hay que comprobar si es un número de semanas par y entonces se perdería lo que hay en A&P Stock. En caso contrario se le sumaría a lo que llega del IT-A&P3 lo que hay en el A&P Stock antes del fallo. Si no hay fallo el valor del Alternative A&P Stock en el Paso 2 sería igual al valor del Paso 1. En el ejemplo no hay pérdida de material, por tanto las 400 unidades del A&P Stock sumadas a las 200 del IT-A&P3 hacen las 600 unidades que aparecen en el Alternative A&P Stock.

$$\begin{aligned}
 Alternative\ A\&P\ Process_{First}(W\ 1) &= SI(Failure(W\ 0)) \\
 &= 1; SI\left(O(N^oWeeks_{Player1} = 2; N^oWeeks_{Player1} \right. \\
 &= 4; N^oWeeks_{Player1} = 6; N^oWeeks_{Player2} = 4; N^oWeeks_{Player2} \\
 &= 6)Alternative\ A\&P\ Process(W\ 0); A\&P\ Process(W\ 0))\left. \right); \\
 &Alternative\ A\&P\ Process(W\ 0))
 \end{aligned}
 \tag{4.181}$$

De nuevo si hay fallo y el número de semanas del fallo es par el Alternative A&P Process sería igual al valor del Paso 1, es decir cero porque se pierde la cantidad que hay en A&P Process. En caso de que sea impar el número de semanas del fallo, el alternativo recogería el número de productos que tiene A&P Process al inicio de la semana. Si no hubiera fallo, el Alternative A&P Process es igual al valor que tiene en el Paso 1, es decir, cero. En el ejemplo no hay pérdida de material y la cantidad que había en el A&P Process pasa al Alternative A&P Process.

La cantidad de material que recibe el A&P puede que se refleje en el A&P Stock si no hay fallo, o por el contrario en el Alternative A&P Stock si existe fallo. Por eso la fórmula del Recieved en SC1 Assembly & Packaging tiene que variar.

$$\begin{aligned}
 \text{Recieved}(W 1) &= SI(\text{Failure}(W 0)) \\
 &= 1; SI\left(O(N^{\circ}\text{Weeks}_{\text{Player1}} = 2; N^{\circ}\text{Weeks}_{\text{Player1}} = 4; N^{\circ}\text{Weeks}_{\text{Player1}} \right. \\
 &= 6; N^{\circ}\text{Weeks}_{\text{Player2}} = 4; N^{\circ}\text{Weeks}_{\text{Player2}} \\
 &= 6); \text{MAX}(\text{Alternative A\&P Stock}_{\text{First}}(W 1) \\
 &- \text{Alternative A\&P Stock}(W 0); 0); \text{MAX}(\text{Alternative A\&P Stock}_{\text{First}}(W 1) \\
 &- \text{A\&P Stock}(W 0); 0); \text{MAX}(\text{A\&P Stock}_{\text{First}}(W 1) - \text{A\&P Stock}(W 1); 0))
 \end{aligned} \tag{4.182}$$

Si hay fallo y el número de semanas es par, como tenemos pérdida de material solo hay que considerar lo que ha llegado al Alternative A&P Stock respecto de lo que había antes, que era nulo. En caso de que sea impar el número de semanas de fallo, como no hay pérdida de material, le restamos al Alternative A&P Stock lo que había en el A&P Stock. En el caso de que no exista fallo, el cálculo será igual que siempre, restando al A&P Stock del Paso 1 la cantidad que había en el A&P Stock en la semana anterior. En el ejemplo no hay pérdida de material, por tanto el Recieved en la semana 1 se calcula restando el Alternative A&P Stock del Paso 1 (600 unidades) y el A&P Stock de la semana cero (400 unidades).

En el Paso 2 es cuando se entrega el material desde el A&P Process en dirección hacia los centros de distribución. En una situación de fallo el material solo se puede entregar desde el Alternative A&P Process cuando funcione el backup. Las fórmulas que gestionan esta situación son:

$$\begin{aligned}
 IT\_DCA_{\text{Second}}(W 1) \\
 &= SI(O(Y(\text{Failure}(W 0) = 1; \text{Backup Service}(W 0) \\
 &= 1); \text{Failure}(W 0) = 0); \textbf{Formula 4.125}; 0)
 \end{aligned} \tag{4.183}$$



Es decir, solo se considera la entrega de material si hay fallo y el backup está funcionando, o si no hay fallo. La fórmula 4.125 sufre algunos cambios debido a que si no hay fallo el stock está en A&P Process y si hay fallo está en A&P. Por eso cada vez que en esta fórmula aparecía A&P Process se pone:

$$\begin{aligned} Stock &= SI(Failure(W0) \\ &= 1; Alternative A\&P Process_{First}(W 1); A\&P Process_{First}(W 1)) \end{aligned} \quad (4.184)$$

Lo mismo ocurriría con el camino hacia B, es decir, se harían los cambios correspondientes en la fórmula de la celda IT-DCB1 del Paso 2.

$$\begin{aligned} IT\_DCB1_{Second}(W 1) \\ &= SI(O(Y(Failure(W 0) = 1; Backup Service(W 0) \\ &= 1); Failure(W 0) = 0); \textbf{Formula 4. 128}; 0) \end{aligned} \quad (4.185)$$

Y de nuevo se haría el mismo cambio con el stock en esta fórmula:

$$\begin{aligned} Stock &= SI(Failure(W0) \\ &= 1; Alternative A\&P Process_{First}(W 1); A\&P Process_{First}(W 1)) \end{aligned} \quad (4.186)$$

Por tanto las fórmulas de A&P Process y Alternative A&P Process del Paso 2 tendrán que ir en función de que exista fallo o no:

$$\begin{aligned} A\&P Process_{Second}(W 1) &= SI(Failure(W 0) \\ &= 1; A\&P Process_{First}(W 1); A\&P Process_{First}(W 1) \\ &- IT\_DCA_{Second}(W 1) - IT\_DCB1_{Second}(W 1)) \end{aligned} \quad (4.187)$$

En caso de que exista fallo se queda igual que en el Paso 1, pero si no lo hay se resta lo que se ha entregado.

$$\begin{aligned}
A\&P\ Process_{Second}(W\ 1) &= SI(Y(Failure(W\ 0) = 1; Backup\ Service\ (W\ 0) \\
&= 1); Alternative\ A\&P\ Process_{First}(W\ 1) - IT\_DCA_{Second}(W\ 1) \\
&- IT\_DCB1_{Second}(W\ 1); Alternative\ A\&P\ Process_{First}(W\ 1))
\end{aligned} \tag{4.188}$$

En este caso se resta solo cuando hay fallo y backup simultáneamente. Pues sólo en este caso entregaría el Alternative A&P Process.

De nuevo en el Paso 4 hay que realizar modificaciones de las fórmulas del Warm Up, debido a que en este paso es cuando se procesa material del A&P Stock al A&P Process. Y si estamos inmersos en el fallo, se procesa desde el Alternative A&P Stock hasta el Alternative A&P Process. Los cambios introducidos son los siguientes:

$$\begin{aligned}
A\&P\ Stock_{Fourth}(W\ 1) &= SI(Failure(W\ 0) \\
&= 0; A\&P\ Stock_{Third}(W\ 1) \\
&- Processed(W\ 1); A\&P\ Stock_{Third}(W\ 1))
\end{aligned} \tag{4.189}$$

Si no hay fallo se resta lo procesado al A&P Stock original.

$$\begin{aligned}
Alternative\ A\&P\ Stock_{Fourth}(W\ 1) &= SI(Failure(W\ 0) \\
&= 1; Alternative\ A\&P\ Stock_{Third}(W\ 1) \\
&- Processed(W\ 1); Alternative\ A\&P\ Stock_{Third}(W\ 1))
\end{aligned} \tag{4.190}$$

Y si no se resta lo procesado al Alternative A&P Stock.

$$\begin{aligned}
A\&P\ Process_{Fourth}(W\ 1) &= SI(Failure(W\ 0) \\
&= 0; A\&P\ Process_{Third}(W\ 1) \\
&+ Processed(W\ 1); A\&P\ Process_{Third}(W\ 1))
\end{aligned} \tag{4.191}$$

Si no hay fallo se suma lo procesado al A&P Process.

$$\begin{aligned}
 \text{Alternative A\&P Process}_{\text{Fourth}}(W 1) &= SI(\text{Failure}(W 0) \\
 &= 1; \text{Alternative A\&P Process}_{\text{Third}}(W 1) \\
 &+ \text{Processed}(W 1); \text{Alternative A\&P Process}_{\text{Third}}(W 1))
 \end{aligned}
 \tag{4.192}$$

Si hay fallo, lo que procesamos se suma al Alternative A&P Process.

La fórmula más complicada de todo el fallo es la cantidad que se procesa. Esto se debe a que se procesa en los siguientes casos:

- Cuando no hay fallo se procesa entre el A&P Stock y el A&P Process de la forma habitual.
- Cuando hay fallo pero a la siguiente semana empieza a funcionar el backup se procesa entre Alternative A&P Stock y Alternative A&P Process, imponiendo como cantidad máxima de procesado lo que indique el backup contratado (50% ó 100% de la Capacidad máxima de procesado del A&P).
- Cuando hay fallo pero a la siguiente semana el fallo termina se procesa entre Alternative A&P Stock y Alternative A&P Process, pero en este caso la cantidad máxima de procesado es la determinada en las condiciones iniciales al principio del juego.

**NOTA:** se procesa siempre la semana antes de que se vaya a servir productos hacia los IT-DCA e IT-DCB1.

En nuestro caso se dan dos situaciones (ver Fig. 4.35):

- En el Paso 4 del desarrollo de la segunda semana se procesan 200 unidades. Se tiene contratado un backup que funciona al 100% de la Capacidad Máxima a partir de la segunda semana. La capacidad de entrega máxima que se tiene es de 400 unidades (igual que la original) pero como ya disponemos de 200 unidades en A&P Process solo es necesario 200 unidades más para cumplir con la orden de producción. Es decir que para que pueda entregar en el desarrollo de la semana 3 hacia IT-DCA e IT-DCB1, es necesario que comience a procesar una semana antes.
- En el Paso 4 del desarrollo de la quinta semana se procesan 275 unidades, es decir todo lo disponible en A&P Stock. Esto es porque a partir de esa semana no hay fallo, y en la semana siguiente tendremos que entregar material de forma normal.

Para poder considerar todas las posibles opciones se ha diseñado una fórmula única que se va a desplegar a continuación.

$$\begin{aligned}
 &\text{Processed}(W 2) \\
 &= SI(\text{CONDICIÓN}; \text{MIN}(\text{FACTOR 1}; \text{FACTOR 2}; \text{FACTOR 3}); 0)
 \end{aligned}
 \tag{4.193}$$

Empezamos por la condición para que se considere que hay que procesar alguna cantidad. Las situaciones en las que se procesa material se han explicado en la página anterior: si no hay fallo en la semana que se pretende procesar, si hay fallo pero a la semana siguiente hay Backup y si hay fallo pero a la semana siguiente no lo hay.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{CONDICIÓN} &= O(\text{Failure}(W\ 1) \\
 &= 0; Y(\text{Failure}(W\ 1) = 1; \text{Backup Service}(W\ 2) \\
 &= 1); Y(\text{Failure}(W\ 1) = 1; \text{Failure}(W\ 2) = 0))
 \end{aligned}
 \tag{4.194}$$

El mínimo que contiene a los tres factores compara entre la Orden de Procesado, la capacidad máxima de procesado (que varía si hay fallo con backup o si no hay fallo) menos lo que ya tenemos en mano en A&P Process, y la cantidad que tenemos para procesar (lo que hay en A&P Stock).

El primero de los factores es la orden de producción.

$$\mathbf{FACTOR\ 1} = \text{Incoming Order}(W\ 2) \tag{4.195}$$

Si hay fallo y backup, y ese backup es del 50% de la capacidad máxima se multiplica por 0,5 esa capacidad. Si es del 100% se deja igual. A este factor se le resta , si no hay fallo lo que hay en el A&P Process y si no lo que hay en el Alternative A&P Process.

$$\begin{aligned}
 \mathbf{FACTOR\ 2} &= \text{MAX}(SI(Y(\text{Failure}(W\ 2) = 1; \text{Backup Service}(W\ 2) \\
 &= 1; O(\text{Backup A\&P} = 1; \text{Backup A\&P} = 2)); 0,5 \\
 &\times \text{Max.Capacity A\&P}; \text{Max.Capacity A\&P}) \\
 &- SI(\text{Failure}(W\ 1) \\
 &= 0; \text{A\&P Process}; \text{Alternative A\&P Process}); 0)
 \end{aligned}
 \tag{4.196}$$

El último factor comprueba si se puede procesar lo que se quiere con la cantidad que hay, bien en el A&P Stock si no hay fallo, o bien en el Alternative A&P Stock si hay fallo.

$$\mathbf{FACTOR\ 3} = SI(Failure = 0; A\&P\ Stock; Alternative\ A\&P\ Stock) \quad (4.197)$$

Otra fórmula que cambia es la de calcular el On Hand en el SC1 Assembly & Packaging. Esta casilla indica la cantidad que hay en la casilla de A&P Stock después del procesado. Ahora hay que diferenciar entre si hay fallo o no, para seleccionar la casilla del A&P Stock o por el contrario la del Alternative A&P Stock.

$$On\ Hand = SI(Failure = 1; Alternative\ A\&P\ Stock; A\&P\ Stock) \quad (4.198)$$

Al Available en la primera semana hay que añadirle dos factores debido a que si el número de semanas del fallo es par hay pérdida de material y si es impar no se pierde pero durante dos semanas no se sirve nada.

$$\begin{aligned} & Available\ SC1\ A\&P\ (W\ 1) \\ &= Available\ SC1\_A\&P(W - 7) + Supply\ Order\ A\&P(W - 7) \\ &- Processed\ (W - 7) - ((Backorder\ A\ (W - 7) \\ &- Backorder\ A\ (W - 8)) + (Backorder\ B(W - 7) \\ &- Backorder\ B(W - 8) + \mathbf{FACTOR\ 1} - \mathbf{FACTOR\ 2} \end{aligned} \quad (4.199)$$

El primer factor lo que hace es, cuando el número de semanas de fallo es impar, le suma al disponible lo que había en la semana cero en el A&P Process, ya que al calcular el Available de la semana cero se ha quitado lo que se ha procesado. En el caso de que no sea impar se suma un cero.

$$\begin{aligned} \mathbf{FACTOR\ 1} &= SI(0(N^o Weeks_{player1} = 1; N^o Weeks_{player1} = 3; N^o Weeks_{player1} \\ &= 5; N^o Weeks_{player2} = 5); A\&P\ Process; 0) \end{aligned} \quad (4.200)$$

El segundo factor le resta al disponible, la cantidad que había en el A&P Stock cuando esta se ha perdido porque el número de semanas de fallo es par.

$$\begin{aligned} \text{FACTOR 1} &= SI(0(N^{\circ}Weeks_{Player1} = 2; N^{\circ}Weeks_{Player1} = 4; N^{\circ}Weeks_{Player1} \\ &= 6; N^{\circ}Weeks_{Player2} = 4; N^{\circ}Weeks_{Player2} = 6); A\&P Stock; 0) \end{aligned} \quad (4.201)$$

A partir de la segunda semana ya no hay que comprobar si el número de semanas es par o impar. Ya no hay posible pérdida de material. Por esto cambian las fórmulas del Paso 1 del Alternative A&P Stock y Alternative A&P Process, además del cálculo de Available que vuelve a hacerse como en el Warm Up.

$$\begin{aligned} \text{Alternative A\&P Stock}_{First}(W 2) &= SI(Failure(W 1) \\ &= 1; \text{Alternative A\&P Stock}(W 1) + IT\_A\&P3(W 2); 0) \end{aligned} \quad (4.202)$$

Si hay fallo en esa semana, el material que llega del IT-A&P3 continúa almacenándolo el Alternative A&P Stock.

$$\begin{aligned} \text{Alternative A\&P Process}_{First}(W 2) &= SI(Failure(W 1) \\ &= 1; \text{Alternative A\&P Process}(W 1) + A\&P Process(W 1); 0) \end{aligned} \quad (4.203)$$

Si continúa habiendo fallo, toda la cantidad que sea susceptible de ser procesada tiene que estar en el alternativo.

A partir de la sexta semana ya no hay fallo y las cantidades que hubiera en el Alternativo pasarán al A&P original. En nuestro caso, cuando finaliza el fallo tras el desarrollo de 5 semanas pasarían cero unidades del Alternative A&P Stock al A&P Stock, y 275 unidades del Alternative A&P Process al A&P Process (ver Fig. 4.36).

W5	800	625	200	400	0	0	0	275	225	0	100	200	0
First	800	0	625	200	400	275	0	0	0	225	0	100	200
Second	0	800	625	200	400	0	0	0	133,784	225	141,216	100	200
Third	0	800	625	200	400	0	0	0	133,784	25	141,216	100	0
Fourth	0	800	625	200	0	400	0	0	133,784	25	141,216	100	0
Fifth	612,5	800	625	200	0	400	0	0	133,784	25	141,216	100	0
W6	612,5	800	625	200	0	400	0	0	133,784	25	141,216	100	0
First	612,5	0	800	625	200	400	0	0	0	158,784	0	141,216	100
Second	0	612,5	800	625	200	0	0	0	134,595	158,784	205,405	141,216	100
Third	0	612,5	800	625	200	0	0	0	134,595	21,2838	205,405	141,216	0
Fourth	0	612,5	800	625	0	200	0	0	134,595	21,2838	205,405	141,216	0
Fifth	0	612,5	800	625	0	200	0	0	134,595	21,2838	205,405	141,216	0
W7	0	612,5	800	625	0	200	0	0	134,595	21,2838	205,405	141,216	0
First	0	0	612,5	800	625	200	0	0	0	215,878	0	205,405	141,21622
Second	0	0	612,5	800	625	0	0	0	97,2973	215,878	102,703	205,405	141,21622
Third	0	0	612,5	800	625	0	0	0	97,2973	73,6303	102,703	205,405	0
Fourth	0	0	612,5	800	225	400	0	0	97,2973	73,6303	102,703	205,405	0
Fifth	800	0	612,5	800	225	400	0	0	97,2973	73,6303	102,703	205,405	0
W8	800	0	612,5	800	225	400	0	0	97,2973	73,6303	102,703	205,405	0

Fig. 4.36. Semanas 6, 7 y 8.

#### 4.4. Path to DCA

Esta incidencia consiste en que el camino desde el A&P hasta el DCA no está disponible durante el número de semanas que dure el fallo. Los pedidos se envían por un camino alternativo que consta de 3 casillas, es decir, que supone dos semanas que por el camino habitual (ver punto 2.4.3).

Vamos suponer un fallo de 6 semanas. Al ser un número par supondrá que se pierda toda la cantidad que hay en el IT-DCA. Además como es un número de semanas mayor que 3, afectará por igual a ambos jugadores. Hay que recordar que para este tipo de fallos no se puede contratar ningún tipo de backup.

Durante las 6 primeras semanas del fallo el flujo de material va por el camino alternativo (ver Fig. 4.37). Se van a explicar las modificaciones que se han introducido en algunas celdas, respecto de la configuración inicial del Warm Up.

ORDER BOARD + ALTERNATIVE														
Week	C. Supplier				Assembly & Packaging		Distribution Center A						Distribution Center B	
	C. Supplier	IT-A&P1	IT-A&P2	IT-A&P3	A&P Stock	A&P Process	IT-DCA	Alternative IT-DCA1	Alternative IT-DCA2	Alternative IT-DCA3	DCA	IT-DCB1	IT-DCB2	DCB
W0	200	200	200	200	400	200	0	0	0	0	200	100	100	200
First	200	0	200	200	600	200	0	0	0	0	200	0	100	300
Second	0	200	200	200	600	0	0	100	0	0	200	100	100	300
Third	0	200	200	200	600	0	0	100	0	0	100	100	100	200
Fourth	0	200	200	200	400	200	0	100	0	0	100	100	100	200
Fifth	300	200	200	200	400	200	0	100	0	0	100	100	100	200
W1	300	200	200	200	400	200	0	100	0	0	100	100	100	200
First	300	0	200	200	600	200	0	0	100	0	100	0	100	300
Second	0	300	200	200	600	0	0	150	100	0	100	50	100	300
Third	0	300	200	200	600	0	0	150	100	0	0	50	100	200
Fourth	0	300	200	200	400	200	0	150	100	0	0	50	100	200
Fifth	200	300	200	200	400	200	0	150	100	0	0	50	100	200
W2	200	300	200	200	400	200	0	150	100	0	0	50	100	200
First	200	0	300	200	600	200	0	0	150	100	0	0	50	300
Second	0	200	300	200	600	0	0	100	150	100	0	100	50	300
Third	0	200	300	200	600	0	0	100	150	100	0	100	50	200
Fourth	0	200	300	200	400	200	0	100	150	100	0	100	50	200
Fifth	200	200	300	200	400	200	0	100	150	100	0	100	50	200
W3	200	200	300	200	400	200	0	100	150	100	0	100	50	200
First	200	0	200	300	600	200	0	0	100	150	100	0	100	250
Second	0	200	300	200	600	0	0	100	100	150	100	100	100	250
Third	0	200	200	300	600	0	0	100	100	150	0	100	100	150
Fourth	0	200	200	300	200	400	0	100	100	150	0	100	100	150
Fifth	800	200	200	300	200	400	0	100	100	150	0	100	100	150
W4	800	200	200	300	200	400	0	100	100	150	0	100	100	150
First	800	0	200	200	500	400	0	0	100	100	150	0	100	250
Second	0	800	200	200	500	0	0	275	100	100	150	125	100	250
Third	0	800	200	200	500	0	0	275	100	100	0	125	100	150
Fourth	0	800	200	200	250	250	0	275	100	100	0	125	100	150
Fifth	400	800	200	200	250	250	0	275	100	100	0	125	100	150
W5	400	800	200	200	250	250	0	275	100	100	0	125	100	150
First	400	0	800	200	450	250	0	0	275	100	100	0	125	250
Second	0	400	800	200	450	0	0	165	275	100	100	85	125	250
Third	0	400	800	200	450	0	0	165	275	100	0	85	125	150
Fourth	0	400	800	200	350	100	0	165	275	100	0	85	125	150
Fifth	0	400	800	200	350	100	0	165	275	100	0	85	125	150
W6	0	400	800	200	350	100	0	165	275	100	0	85	125	150

Fig. 4.37. Primeras 6 semanas, Order Board + Alternative.

Se puede observar que la cantidad que hay en la semana cero en el IT-DCA es cero. Se están simulando todos los errores a partir de la semana final del Warm Up. Por tanto, esto no puede ser verdad. En esta casilla debería haber 100 unidades. Esto hecho tiene una explicación para los fallos Path to DCA y Path to DCB. Las filas iniciales que se sitúan en la semana cero de estos

tableros, que son específicos de cada fallo ya que cada uno incluye su alternative correspondiente, se copian de otro tablero que tenemos al final de cada tabla (ver Fig. 4.38).

ORDER BOARD											
Week	C. Supplier	Assembly & Packaging					Distribution Center A		Distribution Center B		
	C. Supplier	IT-A&P1	IT-A&P2	IT-A&P3	A&P Stock	A&P Process	IT-DCA	DCA	IT-DCB1	IT-DCB2	DCB
W0	200	200	200	200	400	200	100	200	100	100	200
First	200	0	200	200	600	200	0	200	0	100	300
Second	0	200	200	200	600	0	0	200	100	100	300
Third	0	200	200	200	600	0	0	100	100	100	200
Fourth	0	200	200	200	400	200	0	100	100	100	200
Fifth	300	200	200	200	400	200	0	100	100	100	200
W1	300	200	200	200	400	200	0	100	100	100	200

Fig. 4.38. Order Board.

Este tablero está al final de cada tabla, y nos sirve para saber cuál es la situación de las piezas en el tablero original, el Tablero de Juego. La semana cero de este tablero representa el final de la última semana de la incidencia anterior. De manera que copiamos estas celdas en las posiciones correspondientes del tablero de Order Board + Alternative. Pero en el caso de este fallo hay que diferenciar entre si el número de semanas de fallo es par o impar para copiar las 100 unidades que hay en IT-DCA o poner un cero. Para ello empleamos la siguiente fórmula en la semana cero del tablero Order Board + Alternative para la celda IT-DCA:

$$\begin{aligned}
 IT\_DCA_{Order\ Board+Alternative}(W\ 0) &= SI(O(N^{\circ}Weeks_{Player1} = 2; N^{\circ}Weeks_{Player1} \\
 &= 4; N^{\circ}Weeks_{Player1} = 6; N^{\circ}Weeks_{Player2} = 4; N^{\circ}Weeks_{Player2} \\
 &= 6); 0; IT\_DCA_{Order\ Board}(W\ 0))
 \end{aligned}
 \quad (4.204)$$

En nuestro caso, como se está simulando un fallo de 6 semanas se pierde toda la cantidad que se había enviado hacia el DCA y por eso el valor de la celda IT-DCA es cero. Esto supone que tengamos que hacer cambios en el "Backorder A" de la primera semana. Se entregó una cantidad al IT-DCA que ha desaparecido, esto provoca que el A&P deba esa cantidad de la que ya no se dispone.

$$\begin{aligned}
 &Backorder\ A\ (W\ 1) \\
 &= Demand\ A\ (W\ 1) - Delivered\ A(W\ 1) + SI(O(N^{\circ}Weeks_{Player1} \\
 &= 2; N^{\circ}Weeks_{Player1} = 4; N^{\circ}Weeks_{Player1} = 6; N^{\circ}Weeks_{Player2} \\
 &= 4; N^{\circ}Weeks_{Player2} = 6); IT\_DCA_{Order\ Board}(W\ 0); 0)
 \end{aligned}
 \quad (4.205)$$

En el ejemplo de fallo que hemos simulado se sumarán 100 unidades al Backorder A. Como consecuencia de las 100 que hemos perdido en el IT-DCA.



Se han añadido tres posiciones: Alternative IT-DCA1, Alternative IT-DCA2 y Alternative IT-DCA3. Representan el camino alternativo del que ya se ha hablado. Mientras dure el fallo el A&P distribuye los pedidos hacia el Alternative IT-DCA1 en vez de a IT-DCA. De manera que en el Paso 1 estas celdas responden a las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned} & \text{Alternative IT\_DCA1}_{First}(W\ 1) \\ &= \text{Alternative IT\_DCA1}(W\ 1) - \text{Alternative IT\_DCA1}(W\ 1) \end{aligned} \quad (4.206)$$

$$\begin{aligned} & \text{Alternative IT\_DCA2}_{First}(W\ 1) \\ &= \text{Alternative IT\_DCA2}(W\ 1) - \text{Alternative IT\_DCA2}(W\ 1) \\ &+ \text{Alternative IT\_DCA1}(W\ 1) \end{aligned} \quad (4.207)$$

$$\begin{aligned} & \text{Alternative IT\_DCA3}_{First}(W\ 1) \\ &= \text{Alternative IT\_DCA3}(W\ 1) - \text{Alternative IT\_DCA3}(W\ 1) \\ &+ \text{Alternative IT\_DCA2}(W\ 1) \end{aligned} \quad (4.208)$$

De esta manera nos aseguramos de que el material circule por el camino alternativo. Además para calcular lo que llega a DCA sumamos lo que hay en el IT-DCA y lo que llega del alternativo (Alternative IT-DCA3), pues puede que funcione uno, el otro o los dos simultáneamente.

$$DCA_{First}(W\ 1) = DCA(W\ 0) + IT\_DCA(W\ 0) + \text{Alternative IT\_DCA3}(W\ 0) \quad (4.209)$$

En el Paso 2 es cuando se entrega la cantidad demandada por ambos centros de distribución a los IT-DCA e IT-DCB. En este caso se entregará a IT-DCA si no hay fallo y a Alternative IT-DCA1 si lo hay. Para ello se han modificado las siguientes fórmulas:

$$IT\_DCA_{Second}(W\ 1) = SI(\text{Failure}(W\ 0) = 0; \text{Fórmula 4.125}; 0) \quad (4.210)$$

$$\text{Alternative IT\_DCA1}_{\text{Second}}(W 1) = SI(\text{Failure}(W 0) = 1; \text{Fórmula 4.125}; 0) \quad (4.211)$$

Como consecuencia de que se puede entregar a una casilla o a otra se cambia la forma de calcular el Delivered A. Si hay fallo se calcula lo que ha llegado a Alternative IT-DCA1 y si no lo que hay llegado a IT-DCA.

$$\begin{aligned} \text{Delivered A}(W 1) &= SI(\text{Failure}(W 0) \\ &= 1; \text{Alternative IT\_DCA1}_{\text{Second}}(W 1) \\ &- \text{Alternative IT\_DCA1}_{\text{First}}(W 1); \text{IT\_DCA}_{\text{Second}}(W 1) \\ &- \text{IT\_DCA}_{\text{First}}(W 1)) \end{aligned} \quad (4.212)$$

Para calcular lo que queda en el A&P Process después de la entrega le restamos lo que hay en los dos para que pueda funcionar en las dos situaciones: si hay fallo y si no lo hay.

$$\begin{aligned} \text{A\&P Process}_{\text{Second}}(W 1) \\ &= \text{A\&P Process}_{\text{First}}(W 1) - \text{IT\_DCA}_{\text{Second}}(W 1) \\ &- \text{Alternative IT\_DCA1}_{\text{Second}}(W 1) - \text{IT\_DCB1}_{\text{Second}}(W 1) \end{aligned} \quad (4.213)$$

A partir de la semana 2 ya no hay pérdidas de material y las variaciones introducidas en las fórmulas de IT-DCA y Backorder A desaparecen.

Una vez ha terminado la semana 6 el fallo ha terminado. El material volverá a distribuirse por IT-DCA. Pero durante estas últimas tres semanas los dos caminos funcionarán de forma simultánea (ver Fig. 4.39). Es decir es como si se han enviado los pedidos de la semanas 4, 5 y 6 en camión y habitualmente se hace en avión porque tarda 2 semanas menos. Lo que ya se ha enviado en camión llegará de forma simultánea con lo que se ha enviado más tarde pero en avión.

Comprobamos que en el Paso 2 del desarrollo de la semana 7 ya se entregan 60 unidades al IT-DCA. Simultáneamente continúa el flujo de material por el camino alternativo.

En este fallo de 6 semanas no da tiempo en el transcurso de las 8 semanas a que todo el material que circula por el camino alternativo llegue a DCA. Si nos fijamos en el Paso 5 de la semana 8 quedan 165 unidades en el Alternative IT-DCA3 que no han llegado todavía a DCA. Como la distancia que le quedan a estas 165 unidades para llegar es una semana, la misma distancia que

hay desde IT-DCA a DCA. Lo que hacemos es sumar esas 165 unidades a IT-DCA en el final de la semana 8 para que el formato sea compatible con futuras incidencias. Y ponemos a cero lo que hay en Alternative IT-DCA3 en el Paso 5 de la semana 8.

$$\begin{aligned}
 IT\_DCA(W\ 8) &= SI(Alternative\ IT\_DCA3_{Fith}(W\ 8) \\
 &> 0; IT\_DCA_{Fith}(W\ 8) \\
 &+ Alternative\ IT\_DCA3_{Fith}(W\ 8); IT\_DCA_{Fith}(W\ 8))
 \end{aligned}
 \tag{4.214}$$

$$\begin{aligned}
 &Alternative\ IT\_DCA3\ (W\ 8) \\
 &= Alternative\ IT\_DCA3_{Fith}(W\ 8) - Alternative\ IT\_DCA3_{Fith}(W\ 8))
 \end{aligned}
 \tag{4.215}$$

W6	0	400	800	200	350	100	0	165	275	100	0	85	125	150
First	0	0	400	800	550	100	0	0	165	275	100	0	85	275
Second	0	0	400	800	550	0	60	0	165	275	100	40	85	275
Third	0	0	400	800	550	0	60	0	165	275	0	40	85	175
Fourth	0	0	400	800	350	200	60	0	165	275	0	40	85	175
Fifth	0	0	400	800	350	200	60	0	165	275	0	40	85	175
W7	0	0	400	800	350	200	60	0	165	275	0	40	85	175
First	0	0	0	400	1150	200	0	0	0	165	335	0	40	260
Second	0	0	0	400	1150	0	50	0	0	165	335	150	40	260
Third	0	0	0	400	1150	0	50	0	0	165	185	150	40	160
Fourth	0	0	0	400	900	250	50	0	0	165	185	150	40	160
Fifth	200	0	0	400	900	250	50	0	0	165	185	150	40	160
W8	200	0	0	400	900	250	215	0	0	0	185	150	40	160

Fig. 4.39. Semana 7 y 8.

## 4.5. Path to DCB

Esta incidencia consiste en que el camino desde el A&P hasta el DCB no está disponible durante el número de semanas que dure el fallo. Los pedidos se envían por un camino alternativo que consta de 4 casillas, es decir, que supone dos semanas que por el camino habitual (ver punto 2.4.4).

Vamos suponer un fallo de 6 semanas. Al ser un número par supondrá que se pierda toda la cantidad que hay en el IT-DCB1 e IT-DCB2. Además como es un número de semanas mayor que 3, afectará por igual a ambos jugadores. Hay que recordar que para este tipo de fallos no se puede contratar ningún tipo de backup.

Durante las 6 primeras semanas del fallo el flujo de material va por el camino alternativo (ver Fig. 4.40). Se van a explicar las modificaciones que se han introducido en algunas celdas, respecto de la configuración inicial del Warm Up.

ORDER BOARD + ALTERNATIVE															
Week	C. Supplier				Assembly & Packaging		Distribution Center A		Distribution Center B						
	C. Supplier	IT-A&P1	IT-A&P2	IT-A&P3	A&P Stock	A&P Process	IT-DCA	DCA	IT-DCB1	IT-DCB2	Alternative IT-DCB1	Alternative IT-DCB2	Alternative IT-DCB3	Alternative IT-DCB4	DCB
W0	200	200	200	200	400	200	100	200	0	0	0	0	0	0	200
First	200	0	200	200	600	200	0	300	0	0	0	0	0	0	200
Second	0	200	200	200	600	0	100	300	0	0	100	0	0	0	200
Third	0	200	200	200	600	0	100	200	0	0	100	0	0	0	100
Fourth	0	200	200	200	400	200	100	200	0	0	100	0	0	0	100
Fifth	400	200	200	200	400	200	100	200	0	0	100	0	0	0	100
W1	400	200	200	200	400	200	100	200	0	0	100	0	0	0	100
First	400	0	200	200	600	200	0	300	0	0	0	100	0	0	100
Second	0	400	200	200	600	0	0	300	0	0	200	100	0	0	100
Third	0	400	200	200	600	0	0	200	0	0	200	100	0	0	0
Fourth	0	400	200	200	400	200	0	200	0	0	200	100	0	0	0
Fifth	200	400	200	200	400	200	0	200	0	0	200	100	0	0	0
W2	200	400	200	200	400	200	0	200	0	0	200	100	0	0	0
First	200	0	400	200	600	200	0	200	0	0	0	200	100	0	0
Second	0	200	400	200	600	0	100	200	0	0	100	200	100	0	0
Third	0	200	400	200	600	0	100	100	0	0	100	200	100	0	0
Fourth	0	200	400	200	400	200	100	100	0	0	100	200	100	0	0
Fifth	200	200	400	200	400	200	100	100	0	0	100	200	100	0	0
W3	200	200	400	200	400	200	100	100	0	0	100	200	100	0	0
First	200	0	200	400	600	200	0	200	0	0	0	100	200	100	0
Second	0	200	200	400	600	0	100	200	0	0	100	100	200	100	0
Third	0	200	200	400	600	0	100	100	0	0	100	100	200	100	0
Fourth	0	200	200	400	200	400	100	100	0	0	100	100	200	100	0
Fifth	800	200	200	400	200	400	100	100	0	0	100	100	200	100	0
W4	800	200	200	400	200	400	100	100	0	0	100	100	200	100	0
First	800	0	200	200	600	400	0	200	0	0	0	100	100	200	100
Second	0	800	200	200	600	0	140	200	0	0	260	100	100	200	100
Third	0	800	200	200	600	0	140	100	0	0	260	100	100	200	0
Fourth	0	800	200	200	200	400	140	100	0	0	260	100	100	200	0
Fifth	800	800	200	200	200	400	140	100	0	0	260	100	100	200	0
W5	800	800	200	200	200	400	140	100	0	0	260	100	100	200	0
First	800	0	800	200	400	400	0	240	0	0	0	260	100	100	200
Second	0	800	800	200	400	0	80	240	0	0	320	260	100	100	200
Third	0	800	800	200	400	0	80	140	0	0	320	260	100	100	0
Fourth	0	800	800	200	0	400	80	140	0	0	320	260	100	100	0
Fifth	500	800	800	200	0	400	80	140	0	0	320	260	100	100	0
W6	500	800	800	200	0	400	80	140	0	0	320	260	100	100	0

Fig. 4.40. Primeras 6 semanas, Order Board + Alternative.

Se puede observar que la cantidad que hay en la semana cero en el IT-DCB1 e IT-DCB2 es cero. Se están simulando todos los errores a partir de la semana final del Warm Up. Por tanto, esto no puede ser verdad. En estas dos casillas debería haber 100 unidades. Esto hecho tiene la misma explicación que en caso del fallo Path to DCA. Las filas iniciales que se sitúan en la semana cero de

estos tableros, que son específicos de cada fallo ya que cada uno incluye su alternative correspondiente, se copian de otro tablero que tenemos al final de cada tabla (ver ).

ORDERS BOARD											
Week	C. Supplier	Assembly & Packaging					Distribution Center A		Distribution Center B		
	C. Supplier	IT-A&P1	IT-A&P2	IT-A&P3	A&P Stock	A&P Process	IT-DCA	DCA	IT-DCB1	IT-DCB2	DCB
W0	200	200	200	200	400	200	100	200	100	100	200
First	200	0	200	200	600	200	0	300	0	0	200
Second	0	200	200	200	600	0	100	300	0	0	200
Third	0	200	200	200	600	0	100	200	0	0	100
Fourth	0	200	200	200	400	200	100	200	0	0	100
Fifth	400	200	200	200	400	200	100	200	0	0	100
W1	400	200	200	200	400	200	100	200	0	0	100

Fig. 4.41. Order Board.

Este tablero está al final de cada tabla, y nos sirve para saber cuál es la situación de las piezas en el tablero original, el Tablero de Juego. La semana cero de este tablero representa el final de la última semana de la incidencia anterior. De manera que copiamos estas celdas en las posiciones correspondientes del tablero de Order Board + Alternative. Pero en el caso de este fallo hay que diferenciar entre si el número de semanas de fallo es par o impar para copiar las 100 unidades que hay en IT-DCB1 e IT-DCB2 o poner un cero. Para ello empleamos las siguientes fórmulas en la semana cero del tablero Order Board + Alternative para las celdas IT-DCB1 e IT-DCB2:

$$\begin{aligned}
 IT\_DCB1_{Order\ Board+Alternative}(W\ 0) &= SI(O(N^{\circ}Weeks_{player1} = 2; N^{\circ}Weeks_{player1} \\
 &= 4; N^{\circ}Weeks_{player1} = 6; N^{\circ}Weeks_{player2} = 4; N^{\circ}Weeks_{player2} \\
 &= 6); 0; IT\_DCB1_{Order\ Board}(W\ 0))
 \end{aligned} \quad (4.216)$$

$$\begin{aligned}
 IT\_DCB2_{Order\ Board+Alternative}(W\ 0) &= SI(O(N^{\circ}Weeks_{player1} = 2; N^{\circ}Weeks_{player1} \\
 &= 4; N^{\circ}Weeks_{player1} = 6; N^{\circ}Weeks_{player2} = 4; N^{\circ}Weeks_{player2} \\
 &= 6); 0; IT\_DCB2_{Order\ Board}(W\ 0))
 \end{aligned} \quad (4.217)$$

En nuestro caso, como se está simulando un fallo de 6 semanas se pierde toda la cantidad que se había enviado hacia el DCB y por eso el valor de las celdas IT-DCB1 e IT-DCB2 es cero. Esto supone que tengamos que hacer cambios en el “Backorder B” de la primera semana. Se entregó una cantidad al IT-DCA que ha desaparecido, esto provoca que el A&P deba esa cantidad de la que ya no se dispone.

$$\begin{aligned}
& \text{Backorder } B(W 1) \\
&= \text{Demand } B(W 1) - \text{Delivered } B(W 1) + SI(O(N^{\circ}Weeks_{Player1} \\
&= 2; N^{\circ}Weeks_{Player1} = 4; N^{\circ}Weeks_{Player1} = 6; N^{\circ}Weeks_{Player2} \quad (4.218) \\
&= 4; N^{\circ}Weeks_{Player2} \\
&= 6); IT\_DCB1_{Order Board}(W 0) + IT\_DCB2_{Order Board}(W 0); 0)
\end{aligned}$$

En el ejemplo de fallo que hemos simulado se sumarán 200 unidades al Backorder A. Como consecuencia de las 100 que hemos perdido en el IT-DCB1 y las 100 que hemos perdido en IT-DCB2.

Se han añadido cuatro posiciones: Alternative IT-DCB1, Alternative IT-DCB2, Alternative IT-DCB3 y Alternative IT-DCB4. Representan el camino alternativo del que ya se ha hablado. Mientras dure el fallo el A&P distribuye los pedidos hacia el Alternative IT-DCB1 en vez de a IT-DCB1. De manera que en el Paso 1 estas celdas responden a las siguientes fórmulas:

$$\begin{aligned}
& \text{Alternative IT\_DCB1}_{First}(W 1) \\
&= \text{Alternative IT\_DCB1}(W 1) - \text{Alternative IT\_DCB1}(W 1) \quad (4.219)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \text{Alternative IT\_DCB2}_{First}(W 1) \\
&= \text{Alternative IT\_DCB2}(W 1) - \text{Alternative IT\_DCB2}(W 1) \quad (4.220) \\
&+ \text{Alternative IT\_DCB1}(W 1)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \text{Alternative IT\_DCB3}_{First}(W 1) \\
&= \text{Alternative IT\_DCB3}(W 1) - \text{Alternative IT\_DCB3}(W 1) \quad (4.221) \\
&+ \text{Alternative IT\_DCB2}(W 1)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& \text{Alternative IT\_DCB4}_{First}(W 1) \\
&= \text{Alternative IT\_DCB4}(W 1) - \text{Alternative IT\_DCB4}(W 1) \quad (4.222) \\
&+ \text{Alternative IT\_DCB3}(W 1)
\end{aligned}$$

De esta manera nos aseguramos de que el material circule por el camino alternativo. Además para calcular lo que llega a DCB sumamos lo que hay en el IT-DCB2 y lo que llega del alternativo (Alternative IT-DCB4), pues puede que funcione uno, el otro o los dos simultáneamente.

$$DCB_{First}(W 1) = DCB(W 0) + IT\_DCB2(W 0) + Alternative\ IT\_DCB4(W 0) \quad (4.223)$$

En el Paso 2 es cuando se entrega la cantidad demandada por ambos centros de distribución a los IT-DCA e IT-DCB. En este caso se entregará a IT-DCB1 si no hay fallo y a Alternative IT-DCB1 si lo hay. Para ello se han modificado las siguientes fórmulas:

$$IT\_DCB1_{Second}(W 1) = SI(Failure(W 0) = 0; \text{Fórmula 4. 128}; 0) \quad (4.224)$$

$$Alternative\ IT\_DCB1_{Second}(W 1) = SI(Failure(W 0) = 1; \text{Fórmula 4. 128}; 0) \quad (4.225)$$

Como consecuencia de que se puede entregar a una casilla o a otra se cambia la forma de calcular el Delivered B. Si hay fallo se calcula lo que ha llegado a Alternative IT-DCB1 y si no lo que ha llegado a IT-DCB1.

$$\begin{aligned} Delivered\ B\ (W 1) &= SI(Failure(W 0) \\ &= 1; Alternative\ IT\_DCB1_{Second}(W 1) \\ &- Alternative\ IT\_DCB1_{First}(W 1); IT\_DCB1_{Second}(W 1) \\ &- IT\_DCB1_{First}(W 1)) \end{aligned} \quad (4.226)$$

Para calcular lo que queda en el A&P Process después de la entrega le restamos lo que hay en los dos para que pueda funcionar en las dos situaciones: si hay fallo y si no lo hay.

$$\begin{aligned}
& A\&P\ Process_{Second}(W\ 1) \\
& = A\&P\ Process_{First}(W\ 1) - IT\_DCB1_{Second}(W\ 1) \\
& \quad - Alternative\ IT\_DCB1_{Second}(W\ 1) - IT\_DCA_{Second}(W\ 1)
\end{aligned} \tag{4.227}$$

A partir de la semana 2 ya no hay pérdidas de material y las variaciones introducidas en las fórmulas de IT-DCB1 y Backorder B desaparecen.

Una vez ha terminado la semana 6 el fallo ha terminado. El material volverá a distribuirse por IT-DCB1 e IT-DCB2. Pero durante estas últimas tres semanas los dos caminos funcionarán de forma simultánea (ver Fig. 4.42). Es decir, es como si se han enviado los pedidos de las semanas 4, 5 y 6 en camión y habitualmente se hace en avión porque tarda 2 semanas menos. Lo que ya se ha enviado en camión llegará de forma simultánea con lo que se ha enviado más tarde pero en avión.

Comprobamos que en el Paso 2 del desarrollo de la semana 7 ya se entregan 80 unidades al IT-DCA. Simultáneamente continúa el flujo de material por el camino alternativo.

En este fallo de 6 semanas no da tiempo en el transcurso de las 8 semanas a que todo el material que circula por el camino alternativo llegue a DCB. Si nos fijamos en el Paso 5 de la semana 8 quedan 320 unidades en el Alternative IT-DCB3 y 260 unidades en Alternative IT-DCB4 que no han llegado todavía a DCB. Como la distancia que les separa son dos y una semana respectivamente, lo que hacemos es sumar a IT-DCB1 (W 8) lo que hay en Alternative IT-DCB3 en el Paso 5 de la semana 8, y a IT-DCB2 (W 8) lo que hay en Alternative IT-DCB4 en el Paso 5 de la semana 8.

$$\begin{aligned}
IT\_DCB1(W\ 8) &= SI(Alternative\ IT\_DCB3_{Fith}(W\ 8) \\
&> 0; IT\_DCB1_{Fith}(W\ 8) \\
&+ Alternative\ IT\_DCA3_{Fith}(W\ 8); IT\_DCB1_{Fith}(W\ 8))
\end{aligned} \tag{4.228}$$

$$\begin{aligned}
IT\_DCB2(W\ 8) &= SI(Alternative\ IT\_DCB4_{Fith}(W\ 8) \\
&> 0; IT\_DCB2_{Fith}(W\ 8) \\
&+ Alternative\ IT\_DCB4_{Fith}(W\ 8); IT\_DCB2_{Fith}(W\ 8))
\end{aligned} \tag{4.229}$$



Alternative IT\_DCA3 (W 8)

(4.230)

$$= \text{Alternative IT\_DCA3}_{Fith}(W 8) - \text{Alternative IT\_DCA3}_{Fith}(W 8))$$

W6	500	800	800	200	0	400	80	140	0	0	320	260	100	100	0
First	500	0	800	800	200	400	0	220	0	0	0	320	260	100	100
Second	0	500	800	800	200	0	80	220	320	0	0	320	260	100	100
Third	0	500	800	800	200	0	80	120	320	0	0	320	260	100	0
Fourth	0	500	800	800	0	200	80	120	320	0	0	320	260	100	0
Fifth	0	500	800	800	0	200	80	120	320	0	0	320	260	100	0
W7	0	500	800	800	0	200	80	120	320	0	0	320	260	100	0
First	0	0	500	800	800	200	0	200	0	320	0	0	320	260	100
Second	0	0	500	800	800	-2,84217E-14	66,6667	200	133,33	320	0	0	320	260	100
Third	0	0	500	800	800	-2,84217E-14	66,6667	100	133,33	320	0	0	320	260	0
Fourth	0	0	500	800	700	100	66,6667	100	133,33	320	0	0	320	260	0
Fifth	0	0	500	800	700	100	66,6667	100	133,33	320	0	0	320	260	0
W8	0	0	500	800	700	100	66,6667	100	453,33	580	0	0	0	0	0

Fig. 4.42. Semana 7 y 8.

#### 4.6. Distribution Center A

Un fallo en el DCA hace que este quede inutilizable hasta que pasen las semanas que dure el fallo. No se podrá cubrir la demanda durante esas semanas, a menos que se tenga contratado algún tipo de backup.

Se va a suponer un fallo de 6 semanas en el DCA y un contrato de backup del 50% a las 2 semanas. Este fallo va a provocar que la incidencia se extienda a ambos jugadores. Como siempre nos vamos a fijar únicamente en el Jugador 1, aunque al ser de 6 semanas va a afectar a los dos. Además como el número de semanas es par se perderá toda la cantidad que hubiera en DCA (ver Fig. 4.43).

ORDER BOARD + ALTERNATIVE												
Week	C. Supplier				Assembly & Packaging		Distribution Center A			Distribution Center B		
	C. Supplier	IT-A&P1	IT-A&P2	IT-A&P3	A&P Stock	A&P Process	IT-DCA	DCA	Alternative DCA	IT-DCB1	IT-DCB2	DCB
W0	200	200	200	200	400	200	100	200	0	100	100	200
First	200	0	200	200	600	200	0	0	100	0	100	300
Second	0	200	200	200	600	0	100	0	100	100	100	300
Third	0	200	200	200	600	0	100	0	100	100	100	200
Fourth	0	200	200	200	200	400	100	0	100	100	100	200
Fifth	800	200	200	200	200	400	100	0	100	100	100	200
W1	800	200	200	200	200	400	100	0	100	100	100	200
First	800	0	200	200	400	400	0	0	200	0	100	300
Second	0	800	200	200	400	0	300	0	200	100	100	300
Third	0	800	200	200	400	0	300	0	200	100	100	200
Fourth	0	800	200	200	0	400	300	0	200	100	100	200
Fifth	800	800	200	200	0	400	300	0	200	100	100	200
W2	800	800	200	200	0	400	300	0	200	100	100	200
First	800	0	800	200	200	400	0	0	500	0	100	300
Second	0	800	800	200	200	0	300	0	500	100	100	300
Third	0	800	800	200	200	0	300	0	350	100	100	200
Fourth	0	800	800	200	0	200	300	0	350	100	100	200
Fifth	713,043	800	800	200	0	200	300	0	350	100	100	200
W3	713,043	800	800	200	0	200	300	0	350	100	100	200
First	713,043	0	800	800	200	200	0	0	650	0	100	300
Second	0	713,043	800	800	200	0	162,14	0	650	37,8601	100	300
Third	0	713,043	800	800	200	0	162,14	0	500	37,8601	100	200
Fourth	0	713,043	800	800	0	200	162,14	0	500	37,8601	100	200
Fifth	0	713,043	800	800	0	200	162,14	0	500	37,8601	100	200
W4	0	713,043	800	800	0	200	162,14	0	500	37,8601	100	200
First	0	0	713,043	800	800	200	0	0	662,1393177	0	37,8601	300
Second	0	0	713,043	800	800	0	162,14	0	662,1393177	37,8601	37,8601	300
Third	0	0	713,043	800	800	0	162,14	0	512,1393177	37,8601	37,8601	200
Fourth	0	0	713,043	800	400	400	162,14	0	512,1393177	37,8601	37,8601	200
Fifth	580,745	0	713,043	800	400	400	162,14	0	512,1393177	37,8601	37,8601	200
W5	580,745	0	713,043	800	400	400	162,14	0	512,1393177	37,8601	37,8601	200
First	580,745	0	0	713,043	1200	400	0	0	674,2798354	0	37,8601	237,86
Second	0	580,745	0	713,043	1200	0	270,651	0	674,2798354	129,349	37,8601	237,86
Third	0	580,745	0	713,043	1200	0	270,651	0	524,2798354	129,349	37,8601	137,86
Fourth	0	580,745	0	713,043	800	400	270,651	0	524,2798354	129,349	37,8601	137,86
Fifth	124,783	580,745	0	713,043	800	400	270,651	0	524,2798354	129,349	37,8601	137,86
W6	124,783	580,745	0	713,043	800	400	270,651	0	524,2798354	129,349	37,8601	137,86

Fig. 4.43. Primeras 6 semanas, Order Board + Alternative.

Para empezar nos vamos a fijar en el Paso 1 de la semana cero. En el ya se puede ver como se han perdido las 200 unidades que había en DCA y como lo que llega de IT-DCA se almacena ahora en el Alternative DCA. Las fórmulas que gestionan estas dos celdas son:

$$DCA_{First}(W 1) = SI(Failure(W 0) = 1; 0; DCA(W 0) + IT\_DCA(W 0)) \quad (4.231)$$

$$\begin{aligned}
\text{Alternative DCA}_{First}(W 1) &= SI(\text{Failure}(W 0) = 1; SI(O(N^{\circ}Weeks_{Player1} \\
&= 2; N^{\circ}Weeks_{Player1} = 4; N^{\circ}Weeks_{Player1} = 6; N^{\circ}Weeks_{Player2} \\
&= 4; N^{\circ}Weeks_{Player2} \\
&= 6); IT\_DCA(W 0); DCA(W 0) \\
&+ IT\_DCA(W 0)); \text{Alternative DCA}(W 0))
\end{aligned} \tag{4.232}$$

Es decir, si no hay fallo DCA no pierde material y recibe la cantidad que viene de IT-DCA. Si lo hay DCA pasa a valer cero y Alternative DCA recibe lo que viene de IT-DCA más lo que había en DCA si el número de semanas de fallo es impar, si no esto último se pierde.

En este primer paso también cambia el Recieved del SC1 Distribution Center A. Se calcula de una manera si no hay fallo, y si no hay fallo depende de si hay pérdida de material o no.

$$\begin{aligned}
\text{Recieved}(W 1) &= SI(\text{Failure}(W 0) = 1; SI(O(N^{\circ}Weeks_{Player1} \\
&= 2; N^{\circ}Weeks_{Player1} = 4; N^{\circ}Weeks_{Player1} = 6; N^{\circ}Weeks_{Player2} \\
&= 4; N^{\circ}Weeks_{Player2} \\
&= 6); \text{Alternative DCA}_{First}(W 1) \\
&- \text{Alternative DCA}(W 0); \text{Alternative DCA}_{First}(W 1) \\
&- DCA(W 0)); DCA_{First}(W 1) - DCA(W 0))
\end{aligned} \tag{4.233}$$

En las siguientes semanas se elimina la condición de pérdida de material y queda de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
\text{Recieved}(W 2) &= SI(\text{Failure}(W 0) \\
&= 1; \text{Alternative DCA}_{First}(W 1) \\
&- \text{Alternative DCA}(W 1); DCA_{First}(W 0) - DCA(W 1) \\
&- \text{Alternative DCA}(W 1))
\end{aligned} \tag{4.234}$$

También cambia en este Paso 1 la fórmula del Avail. To Serve en el DCA. Pues si no hay fallo, es la cantidad que hay en el DCA y si lo hay, es la cantidad que hay en el Alternative DCA.

$$\begin{aligned}
& \text{Avail.To Serve}(W\ 1) \\
&= SI(Failure(W\ 0)) \\
&= 1; \text{Alternative } DCA_{First}(W\ 1); DCA_{First}(W\ 1))
\end{aligned} \tag{4.235}$$

No es hasta el Paso 3 cuando vuelven a cambiar las fórmulas relacionadas con el DCA. Esto se debe a que en este paso es cuando se cubre la demanda en cada una de las regiones. En el ejemplo, no es hasta la segunda semana, que actúa el backup, cuando se va a entregar material por parte del Distribution Center A del Jugador 1. De manera que diferenciamos quien entrega el material en función de si hay fallo o no:

$$\begin{aligned}
& DCA(W\ 1) = SI(Failure(W\ 0) \\
&= 1; DCA_{Second}(W\ 1); DCA_{Second}(W\ 1) - \text{Final SC1 DCA}(W\ 1))
\end{aligned} \tag{4.236}$$

$$\begin{aligned}
& \text{Alternative DCA}(W\ 1) \\
&= SI(Y(Failure(W\ 0) = 1; \text{Backup Service}(W\ 0) \\
&> 0); \text{Alternative } DCA_{Second}(W\ 1) \\
&- \text{Final SC1 DCA}(W\ 1); \text{Alternative } DCA_{Second}(W\ 1))
\end{aligned} \tag{4.237}$$

Por tanto la fórmula que determina la cantidad que se va a entregar es Final SC1 DCA. Se ha diseñado de forma que contiene las siguientes variantes:

- Si no hay fallo se calcula de la misma forma que siempre, aplicando la fórmula 4.139.
- Si hay fallo pero no hay backup se entregan cero unidades.
- Si hay fallo y hay backup del tipo 1 (50% en 4 semanas) ó 2 (50% en 2 semanas), se aplica la fórmula 4.139 pero multiplicando por 0,5 a la cantidad máxima que puede entregar el DCA (Máx. Capacity SC1-DCA).
- Si hay fallo y hay backup del tipo 3 (100% en 4 semanas) ó 4 (100% en 2 semanas), se aplica la fórmula 4.139 al igual que si no hubiera fallo.

$$\begin{aligned}
& \text{Final SC1 DCA}(W 1) \\
& = SI(\text{Failure}(W 0) = 0; \text{Fórmula 1.139}; SI(\text{Backup Service}(W0) \\
& \quad = 0; 0; SI(O(\text{Backup DCA} = 1; \text{Backup DCA} \\
& \quad = 2); \text{Fórmula 1.139 Modificada}; \text{Fórmula 1.139})))
\end{aligned} \tag{4.238}$$

La fórmula 1.139 modificada introduce el cambio de que la capacidad máxima de entrega se reduce a la mitad.

$$\begin{aligned}
& \text{Final SC1 DCA}(W 1) \\
& = \text{MIN}(\text{Avail.To Serve SC1 DCA}; \text{MAX}(\text{Initial Demand SC1 DCA}; \text{Initial Demand SC1 DCA} \\
& \quad + \text{Initial Demand SC2 DCA} - \text{Avail To Serve SC2 DCA}); 0, 5 \times \text{Max.Capacity SC1 DCA})
\end{aligned} \tag{4.239}$$

Debido a que si sale un número de semanas par en el fallo, supone que se pierde la cantidad que hubiera en el Distribution Center A, el available en la primera semana cambia. Hay que añadirle un factor que reste la cantidad que hemos perdido, si se da el caso, en la primera semana.

$$\begin{aligned}
& \text{Available SC1 DCA}(W1) \\
& = \text{Available SC1 DCA}(W0) + \text{Proc.Order SC1 DCA}(W0) - \text{Final SC1 DCA}(W1) \\
& \quad - \text{MAX}(\text{Pending}(W1) - \text{Pending}(W0); 0) \times \text{Final Share SC1 DCA}(W2) \\
& \quad - SI(O(N^{\circ}\text{Weeks}_{\text{player1}} = 2; N^{\circ}\text{Weeks}_{\text{player1}} = 4; N^{\circ}\text{Weeks}_{\text{player1}} = 6; N^{\circ}\text{Weeks}_{\text{player2}} \\
& \quad = 4; N^{\circ}\text{Weeks}_{\text{player2}} = 6); \text{DCA}(W0); 0)
\end{aligned} \tag{4.240}$$

Los disponibles del DCA en las siguientes semanas, se calcularían de la misma forma que siempre, sin este factor que hemos añadido al calculado en la semana 1.

A partir de la semana 2, la fórmula del Alternative DCA en el Paso 1 cambia. Esto se debe a que a solo en la primera semana puede haber pérdida de material. A partir de ahí hay que utilizar una fórmula que funcione cuando tengamos fallo y cuando no.

$$\begin{aligned}
& \text{Alternative DCA}_{\text{First}}(W 1) = SI(\text{Failure}(W 0) \\
& \quad = 1; \text{Alternative DCA}(W 1) \\
& \quad + \text{IT\_DCA}(W 1); \text{Alternative DCA}(W 1) \\
& \quad - \text{Alternative DCA}(W 1))
\end{aligned} \tag{4.241}$$

Recordamos que se ha contratado un tipo de backup que funciona a las dos semanas entregando el 50% de la capacidad máxima de entrega del DCA original que era de 300 unidades. Por eso si nos fijamos en el Paso 3 de la tercera semana comprobamos que se empiezan a entregar productos a través del Alternative DCA (ver Fig. 4.43). Pues en este paso pasamos de tener 500 unidades a tener 350. Es decir, que la falta de entrega en semanas anteriores ha hecho que se entregue la máxima cantidad posible por el Alternativo (150 unidades).

A partir del final de la sexta semana el fallo termina y las dos últimas semanas toda la cantidad que había disponible en el Alternative DCA pasa al Distribution Center A y comienza a funcionar de forma normal. De hecho se ve que vuelve a tener una capacidad máxima de entrega de 300 unidades y ya en la semana 7 entrega esa cantidad máxima (ver Fig. 4.44).

W6	124,783	580,745	0	713,043	800	400	270,651	0	524,2738354	129,349	37,8601	137,86
First	124,783	0	580,745	0	1513,04	400	0	794,931	0	0	129,349	175,72
Second	0	124,783	580,745	0	1513,04	0	306,734	794,931	0	93,2657	129,349	175,72
Third	0	124,783	580,745	0	1513,04	0	306,734	494,931	0	93,2657	129,349	75,72
Fourth	0	124,783	580,745	0	1113,04	400	306,734	494,931	0	93,2657	129,349	75,72
Fifth	635,855	124,783	580,745	0	1113,04	400	306,734	494,931	0	93,2657	129,349	75,72
W7	635,855	124,783	580,745	0	1113,04	400	306,734	494,931	0	93,2657	129,349	75,72
First	635,855	0	124,783	580,745	1113,04	400	0	801,665	0	0	93,2657	205,07
Second	0	635,855	124,783	580,745	1113,04	0	288,892	801,665	0	111,108	93,2657	205,07
Third	0	635,855	124,783	580,745	1113,04	0	288,892	501,665	0	111,108	93,2657	105,07
Fourth	0	635,855	124,783	580,745	713,043	400	288,892	501,665	0	111,108	93,2657	105,07
Fifth	0	635,855	124,783	580,745	713,043	400	288,892	501,665	0	111,108	93,2657	105,07
W8	0	635,855	124,783	580,745	713,043	400	288,892	501,665	0	111,108	93,2657	105,07

Fig. 4.44. Semanas 7 y 8.

#### 4.7. Distribution Center B

Un fallo en el DCB hace que este quede inutilizable hasta que pasen las semanas que dure el fallo. No se podrá cubrir la demanda durante esas semanas, a menos que se tenga contratado algún tipo de backup.

Se va a suponer un fallo de 6 semanas en el DCB y se va a contratar un backup del 100% a las 2 semanas. Este fallo va a provocar que la incidencia se extienda a ambos jugadores. Como siempre nos vamos a fijar únicamente en el Jugador 1, aunque al ser de 6 semanas va a afectar a los dos. Además como el número de semanas es par se perderá toda la cantidad que hubiera en DCA (ver Fig. 4.45).

ORDER BOARD + ALTERNATIVE													
Week	C. Supplier				Assembly & Packaging		Distribution Center A		Distribution Center B				Alternative DCB
	C. Supplier	IT-A&P1	IT-A&P2	IT-A&P3	A&P Stock	A&P Process	IT-DCA	DCA	IT-DCB1	IT-DCB2	DCB		
W0	200	200	200	200	400	200	100	200	100	100	200	0	
First	200	0	200	200	600	200	0	300	0	100	0	100	
Second	0	200	200	200	600	0	100	300	100	100	0	100	
Third	0	200	200	200	600	0	100	200	100	100	0	100	
Fourth	0	200	200	200	200	400	100	200	100	100	0	100	
Fifth	800	200	200	200	200	400	100	200	100	100	0	100	
W1	800	200	200	200	200	400	100	200	100	100	0	100	
First	800	0	200	200	400	400	0	300	0	100	0	200	
Second	0	800	200	200	400	0	100	300	300	100	0	200	
Third	0	800	200	200	400	0	100	200	300	100	0	200	
Fourth	0	800	200	200	0	400	100	200	300	100	0	200	
Fifth	800	800	200	200	0	400	100	200	300	100	0	200	
W2	800	800	200	200	0	400	100	200	300	100	0	200	
First	800	0	800	200	200	400	0	300	0	300	0	300	
Second	0	800	800	200	200	0	80	300	320	300	0	300	
Third	0	800	800	200	200	0	80	200	320	300	0	0	
Fourth	0	800	800	200	0	200	80	200	320	300	0	0	
Fifth	800	800	800	200	0	200	80	200	320	300	0	0	
W3	800	800	800	200	0	200	80	200	320	300	0	0	
First	800	0	800	800	200	200	0	280	0	320	0	300	
Second	0	800	800	800	200	0	31,0163	280	168,383	320	0	300	
Third	0	800	800	800	200	0	31,0163	180	168,383	320	0	0	
Fourth	0	800	800	800	0	200	31,0163	180	168,383	320	0	0	
Fifth	800	800	800	800	0	200	31,0163	180	168,383	320	0	0	
W4	800	800	800	800	0	200	31,0163	180	168,383	320	0	0	
First	800	0	800	800	800	200	0	211,017	0	168,383	0	320	
Second	0	800	800	800	800	0	22,0333	211,017	177,966	168,383	0	320	
Third	0	800	800	800	800	0	22,0333	111,017	177,966	168,383	0	34,28571429	
Fourth	0	800	800	800	400	400	22,0333	111,017	177,966	168,383	0	34,28571429	
Fifth	730,769	800	800	800	400	400	22,0333	111,017	177,966	168,383	0	34,28571429	
W5	730,769	800	800	800	400	400	22,0333	111,017	177,966	168,383	0	34,28571429	
First	730,769	0	800	800	1200	400	0	133,051	0	177,966	0	203,2687651	
Second	0	730,769	800	800	1200	0	68,7438	133,051	331,256	177,966	0	203,2687651	
Third	0	730,769	800	800	1200	0	68,7438	33,0508	331,256	177,966	0	0	
Fourth	0	730,769	800	800	800	400	68,7438	33,0508	331,256	177,966	0	0	
Fifth	0	730,769	800	800	800	400	68,7438	33,0508	331,256	177,966	0	0	
W6	0	730,769	800	800	800	400	68,7438	33,0508	331,256	177,966	0	0	

Fig. 4.45. Primeras 6 semanas, Order Board + Alternative.

Para empezar nos vamos a fijar en el Paso 1 de la semana cero. En el ya se puede ver como se han perdido las 200 unidades que había en DCB y como lo que llega de IT-DCB2 se almacena ahora en el Alternative DCB. Las fórmulas que gestionan estas dos celdas son:

$$DCB_{First}(W 1) = SI(Failure(W 0) = 1; 0; DCB(W 0) + IT\_DCB2(W 0)) \quad (4.242)$$

$$\begin{aligned}
\text{Alternative } DCB_{First}(W 1) &= SI(\text{Failure}(W 0) = 1; SI(O(N^{\circ}Weeks_{player1} \\
&= 2; N^{\circ}Weeks_{player1} = 4; N^{\circ}Weeks_{player1} = 6; N^{\circ}Weeks_{player2} \\
&= 4; N^{\circ}Weeks_{player2} \\
&= 6); IT\_DCB2(W 0); DCB(W 0) \\
&+ IT\_DCB2(W 0)); \text{Alternative } DCB(W 0))
\end{aligned} \tag{4.243}$$

Es decir, si no hay fallo DCB no pierde material y recibe la cantidad que viene de IT-DCB2. Si lo hay DCA pasa a valer cero y Alternative DCA recibe lo que viene de IT-DCA más lo que había en DCA si el número de semanas de fallo es impar, si no esto último se pierde.

En este primer paso también cambia el Recieved del SC1 Distribution Center A. Se calcula de una manera si no hay fallo, y si no hay fallo depende de si hay pérdida de material o no.

$$\begin{aligned}
\text{Recieved}(W 1) &= SI(\text{Failure}(W 0) = 1; SI(O(N^{\circ}Weeks_{player1} \\
&= 2; N^{\circ}Weeks_{player1} = 4; N^{\circ}Weeks_{player1} = 6; N^{\circ}Weeks_{player2} \\
&= 4; N^{\circ}Weeks_{player2} \\
&= 6); \text{Alternative } DCB_{First}(W 1) \\
&- \text{Alternative } DCB(W 0); \text{Alternative } DCB_{First}(W 1) \\
&- DCB(W 0)); DCB_{First}(W 1) - DCB(W 0))
\end{aligned} \tag{4.244}$$

En las siguientes semanas se elimina la condición de pérdida de material y queda de la siguiente forma:

$$\begin{aligned}
\text{Recieved}(W 2) &= SI(\text{Failure}(W 0) \\
&= 1; \text{Alternative } DCB_{First}(W 1) \\
&- \text{Alternative } DCB(W 1); DCB_{First}(W 0) - DCB(W 1) \\
&- \text{Alternative } DCB(W 1))
\end{aligned} \tag{4.245}$$

También cambia en este Paso 1 la fórmula del Avail. To Serve en el DCB. Pues si no hay fallo, es la cantidad que hay en el DCB y si lo hay, es la cantidad que hay en el Alternative DCB.



$$\begin{aligned}
 & Avail.To Serve(W 1) \\
 & = SI(Failure(W 0) \\
 & = 1; Alternative DCB_{First}(W 1); DCB_{First}(W 1))
 \end{aligned}
 \tag{4.246}$$

No es hasta el Paso 3 cuando vuelven a cambiar las fórmulas relacionadas con el DCB. Esto se debe a que en este paso es cuando se cubre la demanda en cada una de las regiones. En el ejemplo, no es hasta la segunda semana, que actúa el backup, cuando se va a entregar material por parte del Distribution Center B del Jugador 1. De manera que diferenciamos quien entrega el material en función de si hay fallo o no:

$$\begin{aligned}
 & DCB(W 1) = SI(Failure(W 0) \\
 & = 1; DCB_{Second}(W 1); DCB_{Second}(W 1) - Final SC1 DCB (W 1))
 \end{aligned}
 \tag{4.247}$$

$$\begin{aligned}
 & Alternative DCB(W 1) \\
 & = SI(Y(Failure(W 0) = 1; Backup Service (W0) \\
 & > 0); Alternative DCB_{Second}(W 1) \\
 & - Final SC1 DCB (W 1); Alternative DCB_{Second}(W 1))
 \end{aligned}
 \tag{4.248}$$

Por tanto la fórmula que determina la cantidad que se va a entregar es Final SC1 DCB. Se ha diseñado de forma que contiene las siguientes variantes:

- Si no hay fallo se calcula de la misma forma que siempre, aplicando la fórmula 4.143.
- Si hay fallo pero no hay backup se entregan cero unidades.
- Si hay fallo y hay backup del tipo 1 (50% en 4 semanas) ó 2 (50% en 2 semanas), se aplica la fórmula 4.143 pero multiplicando por 0,5 a la cantidad máxima que puede entregar el DCB (Máx. Capacity SC1-DCB).
- Si hay fallo y hay backup del tipo 3 (100% en 4 semanas) ó 4 (100% en 2 semanas), se aplica la fórmula 4.143 al igual que si no hubiera fallo.

### Final SC1 DCB(W 1)

$$\begin{aligned}
 &= SI(Failure(W 0) = 0; \text{Fórmula 1.143}; SI(Backup Service(W0) \\
 &= 0; 0; SI(O(Backup DCB = 1; Backup DCB \\
 &= 2); \text{Fórmula 1.143 Modificada}; \text{Fórmula 1.143})))
 \end{aligned}
 \tag{4.249}$$

La fórmula 1.143 modificada introduce el cambio de que la capacidad máxima de entrega se reduce a la mitad.

### Final SC1 DCB (W 1)

$$\begin{aligned}
 &= MIN (Avail. To Serve SC1 DCB; MAX(Initial Demand SC1 DCB; Initial Demand SC1 DCB \\
 &+ Initial Demand SC2 DCB - Avail To Serve SC2 DCB); 0, 5 \times \text{Max. Capacity SC1 DCB})
 \end{aligned}
 \tag{4.250}$$

Debido a que si sale un número de semanas par en el fallo, supone que se pierde la cantidad que hubiera en el Distribution Center B, el available en la primera semana cambia. Hay que añadirle un factor que reste la cantidad que hemos perdido, si se da el caso, en la primera semana.

### Available SC1 DCB (W1)

$$\begin{aligned}
 &= Available SC1 DCB(W0) + Proc. Order SC1 DCB(W0) - Final SC1 DCB(W1) \\
 &- MAX(Pending(W1) - Pending(W0); 0) \times Final Share SC1 DCB (W2) \\
 &- SI(N^{\circ}Weeks_{Player1} = 2; N^{\circ}Weeks_{Player1} = 4; N^{\circ}Weeks_{Player1} = 6; N^{\circ}Weeks_{Player2} \\
 &= 4; N^{\circ}Weeks_{Player2} = 6); DCB(W0); 0)
 \end{aligned}
 \tag{4.251}$$

Los disponibles del DCB en las siguientes semanas, se calcularían de la misma forma que siempre, sin este factor que hemos añadido al calculado en la semana 1.

A partir de la semana 2, la fórmula del Alternative DCB en el Paso 1 cambia. Esto se debe a que a solo en la primera semana puede haber pérdida de material. A partir de ahí hay que utilizar una fórmula que funcione cuando tengamos fallo y cuando no.

$$\begin{aligned}
 &Alternative DCB_{First}(W 1) = SI(Failure(W 0) \\
 &= 1; Alternative DCB (W 1) \\
 &+ IT\_DCB(W 1); Alternative DCB (W 1) \\
 &- Alternative DCB (W 1))
 \end{aligned}
 \tag{4.252}$$

Recordamos que se ha contratado un tipo de backup que funciona a las dos semanas entregando el 100% de la capacidad máxima de entrega del DCB original que era de 300 unidades. Por eso si nos fijamos en el Paso 3 de la tercera semana comprobamos que se empiezan a entregar productos a través del Alternative DCB (ver Fig. 4.45). Pues en este paso pasamos de tener 300 unidades a tener 0. Es decir, que la falta de entrega en semanas anteriores ha hecho que se entregue la máxima cantidad posible por el Alternativo (300 unidades).

A partir del final de la sexta semana el fallo termina y las dos últimas semanas toda la cantidad que había disponible en el Alternative DCB pasa al Distribution Center B y comienza a funcionar de forma normal (ver Fig. 4.46).

W6	0	730,769	800	800	800	400	68,7438	33,0508	331,256	177,966	0	0
First	0	0	730,769	800	1600	400	0	101,795	0	331,256	177,9661017	0
Second	0	0	730,769	800	1600	0	94,0023	101,795	305,998	331,256	177,9661017	0
Third	0	0	730,769	800	1600	0	94,0023	1,79462	305,998	331,256	0	0
Fourth	0	0	730,769	800	1200	400	94,0023	1,79462	305,998	331,256	0	0
Fifth	0	0	730,769	800	1200	400	94,0023	1,79462	305,998	331,256	0	0
W7	0	0	730,769	800	1200	400	94,0023	1,79462	305,998	331,256	0	0
First	0	0	0	730,769	2000	400	0	95,7963	0	305,998	331,2562313	0
Second	0	0	0	730,769	2000	0	134,967	95,7963	265,033	305,998	331,2562313	0
Third	0	0	0	730,769	2000	0	134,967	0	265,033	305,998	160,3875872	0
Fourth	0	0	0	730,769	1600	400	134,967	0	265,033	305,998	160,3875872	0
Fifth	0	0	0	730,769	1600	400	134,967	0	265,033	305,998	160,3875872	0
W8	0	0	0	730,769	1600	400	134,967	0	265,033	305,998	160,3875872	0

Fig. 4.46. Semanas 7 y 8.

#### 4.8. Starting Data for Next Round

El que todas las tablas tengan una estructura muy parecida o prácticamente igual, se debe a que se pretendía tener una fila final resumen de todos los datos de la última semana de la incidencia. Esta fila se podría copiar en la semana cero de la incidencia siguiente para poder continuar con la partida.

Por esta razón se creó una fila al final de las tablas de cada jugador, llamada "Starting Data for Next Round". Se extiende desde la columna de "Incoming Order" del Component Supplier hasta la columna del "DCB" del Order Board que tenemos al final de la tabla. Viene representada en amarillo y aparece justo debajo de la última semana de cada jugador (ver Fig. 4.47).

W-1	200	200	0	200	200	200	W-1	200	0	200
First							First			
Second							Second			
Third							Third			
Fourth							Fourth			
Fifth							Fifth			
W-0	200	200	0	200	200	200	W-0	200	0	200
Starting Data for Next Round	200	200	0	200	200	200	W0	200	0	200

Fig. 4.47. Extracto de "Starting Data for Next Round".

Para poder generar la siguiente incidencia de forma manual con estas tablas de Excel, se tendría que copiar los valores de las dos filas “Starting Data for Next Round” (Player 1 y Player 2) y pegarlos en la semana cero de la incidencia siguiente. Las semanas número de cero de todas las incidencias tiene una zona resaltada en amarillo y recuadrada en línea discontinua de puntos, que se extiende también desde la columna de “Incoming Order” del Component Supplier hasta la columna del “DCB” del Order Board que tenemos al final de la tabla (ver Fig. 4.48).

Component Supplier												
Week	Incoming Order	Served	Pending	In transit u-1	In transit u-2	In transit u-3	Week	Received	Pending w-	Incoming Ord	Processed	Pending
W0	200	200	0	200	200	200	W0	200	0	200	200	0
First	x						First	x	x			
Second		x	x				Second					
Third							Third					
Fourth							Fourth			x	x	x
Fifth				x	x	x	Fifth					
W1	200	200	0	200	200	200	W1	200	0	200	200	0
First							First					
Second							Second					
Third							Third					
Fourth							Fourth					
Fifth							Fifth					
W2	200	200	0	200	200	200	W2	200	0	200	200	0

Fig. 4.48. Zona de copia “Starting Data for Next Round”.

Este sistema de juego es bastante rudimentario. Por eso automatizar este proceso es clave, y es uno de los objetivos que se han cumplido y que se puede comprobar en el siguiente capítulo.



## 5. PUESTA EN MARCHA

En el capítulo anterior se daba una solución para la simulación del Warm Up y de las incidencias, pero es necesaria la programación de un proceso de juego sencillo que permita jugar sin conocer el complicado funcionamiento de las tablas del tema pasado. Por eso se desarrolló una Macro con Visual Basic For Applications que permitiera: automatizar el proceso de paso de una incidencia a otra, guardar todos los datos de la partida en un histórico y presentar los datos más relevantes, después de cada turno, en los tableros de backup y de juego, y no en tablas de Excel. Como objetivo final aparecía una posible partida entre dos equipos, con un director de juego gestionando el programa diseñado.

Se podrá entender el diseño del juego a través de sus instrucciones de funcionamiento.

Para todo el diseño de la Macro definitiva se han utilizado algunas guías como [8] [9], para desarrollar conocimientos de: creación de módulos, programación subprogramas, declaración de variables globales, utilización de vectores, operaciones con celdas, programación de colores, etc.

### 5.1. Archivos del Juego

Para el desarrollo del juego se van a utilizar tres archivos. Uno será para el Director del Juego, que se encargará de guiar la partida. Los otros dos archivos contienen los Tableros de Juego de Jugador 1 y Jugador 2.

#### 5.1.1. Director de Juego

Dentro del libro de Excel en el que tenemos las tablas que simulan las incidencias se han añadido 4 hojas nuevas y se ha modificado la hoja de INITIAL CONDITIONS.

##### 5.1.1.1 Initial Conditions

A la hoja de condiciones iniciales se le han bloqueado aquellas celdas que el usuario no debe modificar. Además se han resaltado en amarillo los datos que deben completarse para generar el Warm Up (ver Fig. 5.1). Además, se han añadido dos tres botones:

- **GENERATE WARM UP:** una vez se han completado todos los datos iniciales, pulsando este botón se generarán las 8 primeras semanas del calentamiento automáticamente.
- **CARGAR DATOS Y GUARDAR DATOS:** estos botones se utilizarán para guardar los datos cuando no se ha terminado la partida, pero se quiere continuar otro día desde el punto donde se había terminado. Y para cargar datos cuando se quiera reiniciar una partida ya empezada.

SUPPLY CHAIN DATA		INITIALIZATION SC1		INITIALIZATION SC2	
Average Demand A	200	Initial share A	0.5	Initial share A	0.5
Std. Deviation A	1,00E-11	Initial share B	0.5	Initial share B	0.5
Average Demand B	200	On-Hand DC-A (weeks of SS)	2	On-Hand DC-A (weeks of SS)	2
Std. Deviation B	1,00E-11	On-Hand DC-A (units)	200	On-Hand DC-A (units)	200
LT DC-A	2	On-Hand DC-B (weeks of SS)	2	On-Hand DC-B (weeks of SS)	2
LT DC-B	3	On-Hand DC-B (units)	200	On-Hand DC-B (units)	200
LT A&P	4	On-Hand A&P (weeks of SS)	2	On-Hand A&P (weeks of SS)	2
Coef. Max Capacity SC1-A&P	1	On-Hand A&P (units)	400	On-Hand A&P (units)	400
Coef. Max Capacity SC1-Comp. Supplier.	2	Initializ. Orders DC-A (weeks)	1	Initializ. Orders DC-A (weeks)	1
Coef. Max Capacity SC1-DCA	1.5	Initializ. Orders DC-A (units)	100	Initializ. Orders DC-A (units)	100
Coef. Max Capacity SC1-DCB	1.5	Initializ. Orders DC-B (weeks)	1	Initializ. Orders DC-B (weeks)	1
Coef. Max Capacity SC2-A&P	1	Initializ. Orders DC-B (units)	100	Initializ. Orders DC-B (units)	100
Coef. Max Capacity SC2-Comp. Supplier.	2	Initializ. Orders A&P (weeks)	1	Initializ. Orders A&P (weeks)	1
Coef. Max Capacity SC2-DCA	1.5	Initializ. Orders A&P (units)	200	Initializ. Orders A&P (units)	200
Coef. Max Capacity SC2-DCB	1.5	Available0(SC1-DCA)	300	Available0(SC2-DCA)	300
		Available0(SC1-DCB)	400	Available0(SC2-DCB)	400
		Available0(SC1-A&P)	1000	Available0(SC2-A&P)	1000
		Max. Capacity SC1-DCA	300	Max. Capacity SC2-DCA	300
		Max. Capacity SC1-DCB	300	Max. Capacity SC2-DCB	300
		Max. Capacity SC1-A&P	400	Max. Capacity SC2-A&P	400
		Max. Capacity SC1-Comp. Supplier	800	Max. Capacity SC2-Comp. Supplier	800
		GENERATE WARM UP			
		GUARDAR DATOS		CARGAR DATOS	

Fig. 5.1. Initial Conditions.

### 5.1.1.2 Scoreboard Player 1 y Scoreboard Player 2

Estas hojas tiene la misma estructura, que consta de 3 partes:

- Tablero de Backup: donde se completa la estrategia de cada jugador (ver Fig. 5.2).
- Una segunda parte compuesta de: Game Time (Turno de Juego), Weeks of Failure (Semanas de Fallo) y Next Failure (6 botones para generar las siguientes incidencias). Además aparecen también los botones de GUARDAR DATOS y CARGAR DATOS (ver Fig. 5.3).
- Tabla con la misma estructura que la de las incidencias, pero que recoge todo el histórico de semanas de una partida. De esta forma tenemos trazabilidad de todas las jugadas.



## SCOREBOARD PLAYER 1 \* SCOREBOARD PLAYER 1 \* SCOREBOARD

C. Supplier				Assembly & Packaging				Distribution Center A				Distribution Center B			
100% 2w		50% 2w		100% 2w		100% 2w		100% 2w		100% 2w		100% 2w			
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
100% 4w	50% 2w	100	100	100% 4w	50% 2w	100	100	100% 4w	50% 2w	100	100	100% 4w	50% 2w		
0	0	100	100	0	0	100	100	0	0	100	100	0	0		
50% 4w	100	100	100	50% 4w	100	100	100	50% 4w	100	100	100	50% 4w	100		
0	0	100	100	0	0	100	100	0	0	100	100	0	0		
1x	1x	1x	1x	3x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x	2x		
BACKUP	CHIPS	SAFETY STOCK	CHIPS	BACKUP	CHIPS	SAFETY STOCK	CHIPS	BACKUP	CHIPS	SAFETY STOCK	CHIPS	BACKUP	CHIPS		
NONE	0	400	4	NONE	0	200	4	NONE	0	200	4	NONE	0		
0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		

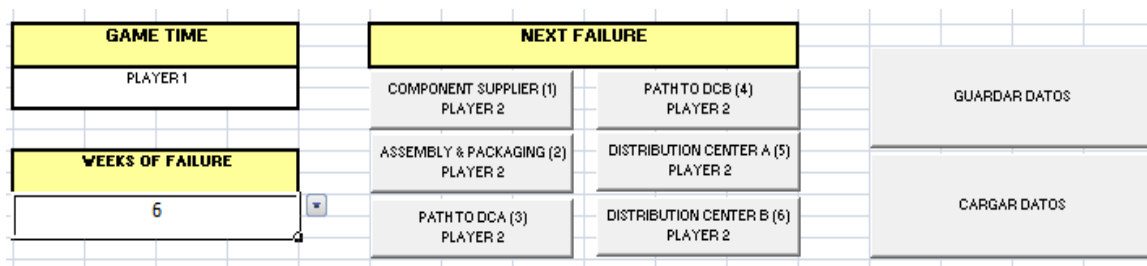


Fig. 5.3. Game Time, Weeks of Failure, Next Failure, Guardar Datos y Cargar Datos.

### 5.1.1.3 SC1 Order Board y SC2 Order Board

Representan los Tableros de Juego de cada uno de los jugadores, al final de cada turno de 8 semanas de fallo. Cada vez que se genera un fallo se representan en estos tableros la situación de los pedidos, cuotas de mercado, pendings, backorders, etc, de la última semana del fallo (ver Fig. 5.4 y Fig. 5.5).

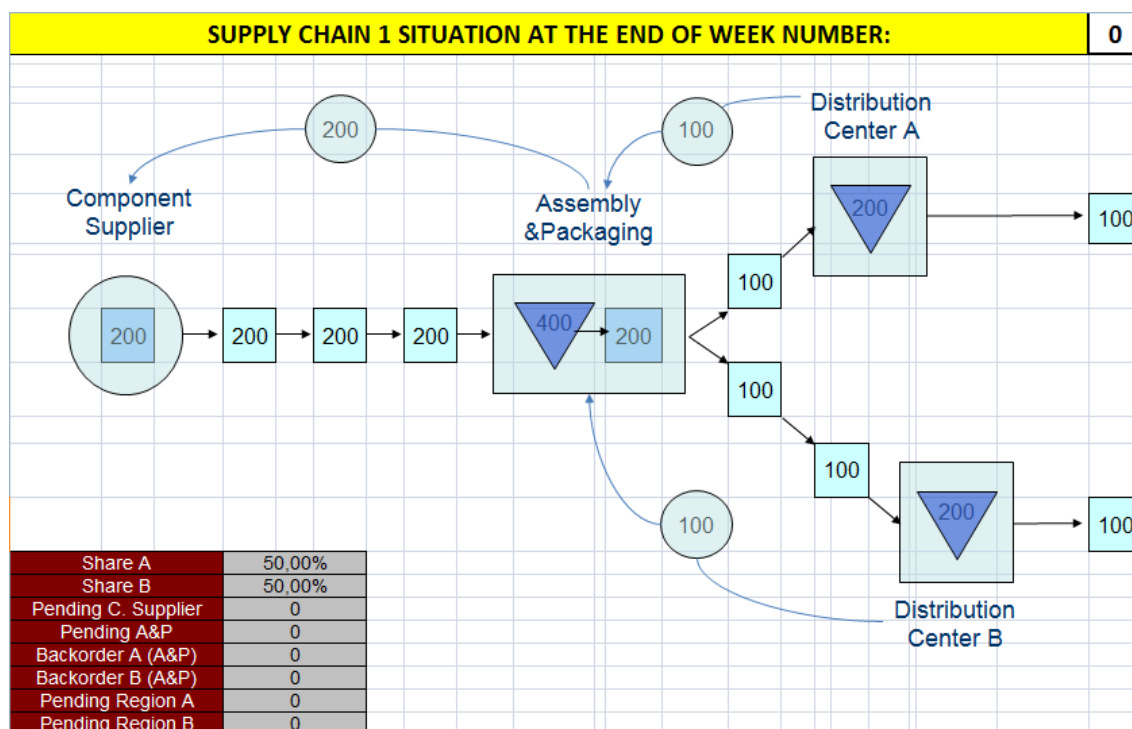


Fig. 5.4. SC1 Order Board.

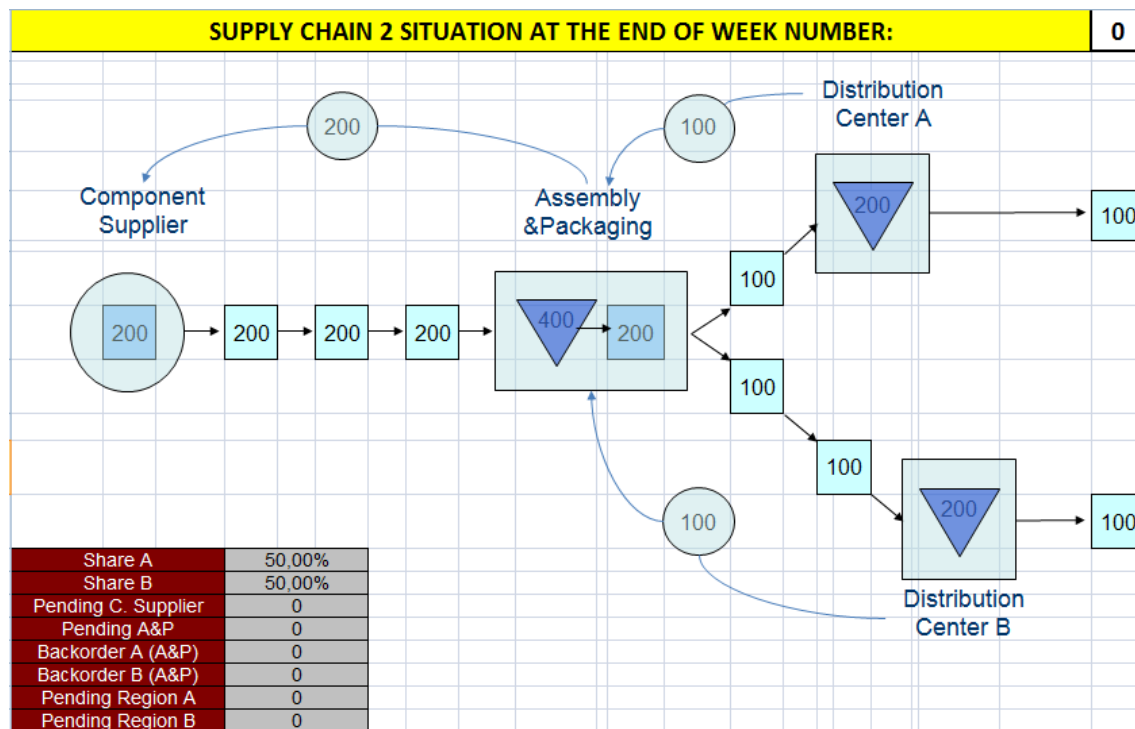


Fig. 5.5. SC2 Order Board.

### 5.1.2. Tablero de Juego, Player 1

El Jugador 1 sólo podrá tener acceso a un archivo en el que podrá ver su tablero de juego al final de las 8 semanas de la incidencia. El tablero será exactamente igual que el de la Fig. 5.4.

El motivo de que únicamente pueda ver esta información es que:

- Es suficiente para poder tomar decisiones futuras en cuanto a estrategia de juego.
- Es necesario que el Jugador 1 no pueda saber cuál es la situación exacta del Jugador 2.

### 5.1.3. Tablero de Juego, Player 2

Al igual que el Jugador 1, el Jugador 2 sólo puede tener acceso a un archivo en el que pueda ver su tablero de juego. Tal y como se ve en la Fig. 5.5.

A partir de este, podrá tomar decisiones en cuanto a la estrategia a seguir para las siguientes semanas.

## 5.2. Desarrollo partida completa

Lo primero que hay que hacer es completar todas casillas obligatorias de las Condiciones Iniciales. Se va a partir de la situación inicial, la más igualada de todas para las dos cadenas, representada en la Fig. 5.1.

A continuación, hay que pulsar el botón “GENERATE WARM UP” para que se genere el calentamiento a partir de esos datos iniciales. De manera que en los SCOREBOARD PLAYER 1 y SCOREBOARD PLAYER 2 se rellenan las tablas, que van a contener el histórico de la partida, con las primeras 8 semanas del Warm Up. Vamos a seleccionar algunas de las partes más representativas de las tablas que contiene el histórico (sólo de Scoreboard Player 1, porque es igual para ambos en el Warm Up), para poder tener una idea de que es lo que se va completando en cada turno de juego cuanto pulsamos el botón (ver Fig. 5.6).

BACKUP BOARD											
WEEK	NUMBER	Failure Type	Backup	Failure	C. Supplier Backup Type	Assembly & Packaging \$\$	Backup Type	Distribution Center A \$\$	Backup Type	Distribution Center B \$\$	Backup Type
Week	-8	WARM-UP	0	0	NONE	400	NONE	200	NONE	200	NONE
First		WARM-UP									
Second		WARM-UP									
Third		WARM-UP									
Fourth		WARM-UP									
Fifth		WARM-UP									
Week	-7	WARM-UP	0	0	NONE	400	NONE	200	NONE	200	NONE
First		WARM-UP									
Second		WARM-UP									
Third		WARM-UP									
Fourth		WARM-UP									
Fifth		WARM-UP									
Week	-6	WARM-UP	0	0	NONE	400	NONE	200	NONE	200	NONE
First		WARM-UP									
Second		WARM-UP									
Third		WARM-UP									
Fourth		WARM-UP									
Fifth		WARM-UP									
Week	-5	WARM-UP	0	0	NONE	400	NONE	200	NONE	200	NONE
First		WARM-UP									
Second		WARM-UP									
Third		WARM-UP									
Fourth		WARM-UP									
Fifth		WARM-UP									
Week	-4	WARM-UP	0	0	NONE	400	NONE	200	NONE	200	NONE
First		WARM-UP									
Second		WARM-UP									
Third		WARM-UP									
Fourth		WARM-UP									
Fifth		WARM-UP									
Week	-3	WARM-UP	0	0	NONE	400	NONE	200	NONE	200	NONE
First		WARM-UP									
Second		WARM-UP									
Third		WARM-UP									
Fourth		WARM-UP									
Fifth		WARM-UP									
Week	-2	WARM-UP	0	0	NONE	400	NONE	200	NONE	200	NONE

Fig. 5.6. Histórico SC1, BACKUP BOARD.

Se completa la tabla del Backup, de forma muy parecida a la que se describía en las hojas de simulación de Excel explicada en el capítulo 4. Pero ahora en vez de poner el número de Backup se dice cual se ha seleccionado (100% 2w, 50% 2w, 100% 4w, 50% 2w ó NONE). Además de que se pone el tipo de fallo, en este caso WARM UP.

ORDER BOARD • ALTERNATIVE																							
WEEK	NUMBER	C. Supplier			Assembly & Packaging				Distribution Center A				Distribution Center B										
		C. Supplier	Alternative C. Supplier	IT-ASP1	IT-ASP2	IT-ASP3	ASP Stock	ASP Process	Alternative ASP Process	IT-DCA	Alternative IT-DCA	IT-DCA1	IT-DCA2	IT-DCA3	DCA	Alternative DCA	IT-DCB1	IT-DCB2	Alternative IT-DCB1	IT-DCB3	Alternative IT-DCB3	DCB	Alternative DCB
Week	-8	200	0	200	200	200	400	200	0	0	100	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0
		200	0	200	200	200	600	200	0	0	0	0	0	0	300	0	0	100	0	0	0	300	0
		0	0	200	200	200	600	0	0	100	0	0	0	0	300	0	100	100	0	0	0	300	0
		0	0	200	200	200	600	0	0	100	0	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0
		0	0	200	200	200	400	200	0	100	0	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0
Week	-7	200	0	200	200	200	400	200	0	100	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0	
		200	0	200	200	200	400	200	0	100	0	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0
		200	0	200	200	200	400	200	0	100	0	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0
		200	0	200	200	200	400	200	0	100	0	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0
		200	0	200	200	200	400	200	0	100	0	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0
Week	-6	200	0	200	200	200	600	200	0	100	0	0	0	300	0	100	100	0	0	0	300	0	
		200	0	200	200	200	600	0	0	100	0	0	0	300	0	100	100	0	0	0	300	0	
		200	0	200	200	200	600	0	0	100	0	0	0	0	300	0	100	100	0	0	0	300	0
		200	0	200	200	200	600	0	0	100	0	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0
		200	0	200	200	200	400	200	0	100	0	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0
Week	-5	200	0	200	200	200	400	200	0	100	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0	
		200	0	200	200	200	400	200	0	100	0	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0
		200	0	200	200	200	400	200	0	100	0	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0
		200	0	200	200	200	400	200	0	100	0	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0
		200	0	200	200	200	600	200	0	0	100	0	0	0	300	0	100	100	0	0	0	300	0
Week	-4	200	0	200	200	200	600	200	0	100	0	0	0	300	0	100	100	0	0	0	300	0	
		200	0	200	200	200	600	0	0	100	0	0	0	300	0	100	100	0	0	0	300	0	
		200	0	200	200	200	600	0	0	100	0	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0
		200	0	200	200	200	600	0	0	100	0	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0
		200	0	200	200	200	400	200	0	100	0	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0
Week	-3	200	0	200	200	200	400	200	0	100	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0	
		200	0	200	200	200	400	200	0	100	0	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0
		200	0	200	200	200	400	200	0	100	0	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0
		200	0	200	200	200	400	200	0	100	0	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0
		200	0	200	200	200	600	200	0	0	100	0	0	0	300	0	100	100	0	0	0	300	0
Week	-2	200	0	200	200	200	600	200	0	100	0	0	0	300	0	100	100	0	0	0	300	0	
		200	0	200	200	200	600	0	0	100	0	0	0	300	0	100	100	0	0	0	300	0	
		200	0	200	200	200	600	0	0	100	0	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0
		200	0	200	200	200	600	0	0	100	0	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0
		200	0	200	200	200	400	200	0	100	0	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0
Week	-1	200	0	200	200	200	400	200	0	100	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0	
		200	0	200	200	200	400	200	0	100	0	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0
		200	0	200	200	200	400	200	0	100	0	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0
		200	0	200	200	200	400	200	0	100	0	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0
		200	0	200	200	200	400	200	0	100	0	0	0	0	200	0	100	100	0	0	0	200	0

Fig. 5.7. Histórico SC1, ORDER BOARD + ALTERNATIVE.

En el tablero con el alternativo se ha optado por incluir todas las casillas alternativas posibles para que la tabla del histórico sea homogénea, independientemente de cuál sea la incidencia (ver Fig. 5.7).

A continuación de estas tablas aparecen algunas de las columnas más relevantes de las tablas que aparecían en las hojas Excel utilizadas para simular los fallos: Component Supplier, SC1 Assembly & Packaging, SC1 Distribution Center A, SC1 Distribution Center B, Customer Region A y Customer Region B. Las mismas pero para la cadena de suministro 2 (SC2) aparecerán en el Scoreboard Player 2 (ver Fig. 5.8 y Fig. 5.9 ).

Component Supplier	SC1 Assembly & Packaging									SC1 Distribution Center A			SC1 Distribution Center B		
	Pending	Demand A	Delivered A	Backorder A	Demand B	Delivered B	Backorder B	Avialable	Supply Order	Final SC1	Avialable	Proc. Order	Final SC1	Avialable	Proc. Order
0	0	100	100	0	100	100	0	1000	200	100	300	100	100	400	100
0	0	100	100	0	100	100	0	1000	200	100	300	100	100	400	100
0	0	100	100	0	100	100	0	1000	200	100	300	100	100	400	100
0	0	100	100	0	100	100	0	1000	200	100	300	100	100	400	100
0	0	100	100	0	100	100	0	1000	200	100	300	100	100	400	100

Fig. 5.8. Selección columnas de SC1 Warm Up (Parte 1).

Customer Region A										Customer Region B									
Total Demand	Final SC1	Final SC2	Final SCX	Pending w	Initial Share SC1	Initial Share SC2	Initial Share SCX	Final Share SC1	Final Share SC2	Total Demand	Final SC1	Final SC2	Final SCX	Pending w	Initial Share SC1	Initial Share SC2	Initial Share SCX	Final Share SC1	Final Share SC2
200	100	100	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0,5	200	100	100	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0,5
200	100	100	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0,5	200	100	100	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0,5
200	100	100	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0,5	200	100	100	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0,5
200	100	100	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0,5	200	100	100	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0,5
200	100	100	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0,5	200	100	100	0	0	0,5	0,5	0	0,5	0,5

Fig. 5.9. Selección columnas de SC2 Warm Up (Parte 2).

La situación de los tableros de juego de ambos jugadores queda representada en la Fig. 5.4 y Fig. 5.5.

Una vez simulado el calentamiento, ambos jugadores tienen que completar el Tablero de Backup con sus preferencias estratégicas. Vamos a resumir en dos tablas las condiciones elegidas por cada uno, añadiendo la imagen de cómo quedaría el Tablero de cada jugador con esas condiciones seleccionadas. Siempre se intentará utilizar las 36 fichas disponibles para disponer de las máximas garantías a la hora de solventar las incidencias.

Para el Jugador 1 hemos situado las 36 fichas para la siguiente estrategia (ver Tabla 5 1 y Fig. 5.10):

BACKUP BOARD PLAYER 1						
C. Supplier	Assembly & Packaging		Distribution Center A		Distribution Center B	
BACKUP	SAFETY STOCK	BACKUP	SAFETY STOCK	BACKUP	SAFETY STOCK	BACKUP
NONE	300	100% 2w	200	100% 4w	200	50% 4w

Tabla 5 1. Tablero Backup Player 1, Jugada 1.

C. Supplier		Assembly & Packaging				Distribution Center A				Distribution Center B			
100% 2w		Safety Stock				Safety Stock				Safety Stock			
0	0	100% 2w				100% 2w				100% 2w			
100% 4w	50% 2w	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
50% 4w	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1x		1x				2x				2x			
BACKUP	CHIPS	SAFETY STOCK		CHIPS	BACKUP	SAFETY STOCK		CHIPS	BACKUP	SAFETY STOCK		CHIPS	BACKUP
NONE	0	300		3	100% 2w	200		4	100% 4w	200		4	50% 4w
0					4				3				1

Fig. 5.10. Tablero Backup Player 1, Jugada 1.

Para el Jugador 2 hemos situado también las 36 fichas para la siguiente estrategia (ver Tabla 5 2 y Fig. 5.11):

BACKUP BOARD PLAYER 2						
C. Supplier	Assembly & Packaging		Distribution Center A		Distribution Center B	
BACKUP	SAFETY STOCK	BACKUP	SAFETY STOCK	BACKUP	SAFETY STOCK	BACKUP
100% 2w	400	50% 2w	200	50% 4w	200	100% 4w

Tabla 5 2. Tablero Backup Player 2, Jugada 1.

C. Supplier		Assembly & Packaging				Distribution Center A				Distribution Center B			
100% 2w		Safety Stock				Safety Stock				Safety Stock			
0	0	100% 2w				100% 2w				100% 2w			
100% 4w	50% 2w	100	100	100	100% 4w	50% 2w	100	100	100	100% 4w	50% 2w	100	100
0	0	100	100	100	0	0	100	100	100	0	0	100	100
0	50% 4w	100	100	100	0	50% 4w	100	100	100	0	50% 4w	100	100
0	0	100	100	100	0	0	100	100	100	0	0	100	100
1x		1x				2x				2x			
BACKUP	CHIPS	SAFETY STOCK		CHIPS	BACKUP	CHIPS	SAFETY STOCK		CHIPS	BACKUP	CHIPS	SAFETY STOCK	
100% 2w	5	400		4	50% 2w	9	200		4	50% 4w	4	200	
4					2					1			

Fig. 5.11. Tablero Backup Player 2, Jugada 1.

Una vez han completados, se comprueba que es el turno del Jugador 1 (ver Fig. 5.12). Entonces habría que situarse en la hoja “SCOREBOARD PLAYER 1”. Tiraríamos dos veces un dado de 6 caras:

- Primera tirada: indica el número de semanas que va a durar la incidencia.
- Segunda tirada: indica la incidencia que se ha producido:
  - (1) Component Supplier.
  - (2) Assembly & Packaging.
  - (3) Path to DCA.
  - (4) Path to DCB.
  - (5) Distribution Center A.
  - (6) Distribution Center B.

Sale un 6 en la primera tirada y un 1 en la segunda. Lo que supone un fallo de 6 semanas, que afectará a ambas cadenas, en el Component Supplier. Luego tendremos que poner un 6 en la celda de Weeks of Failure y pulsar el botón correspondiente a la incidencia en el Component Supplier.

GAME TIME		NEXT FAILURE	
PLAYER 1		COMPONENT SUPPLIER (1) PLAYER 1	PATH TO DCB (4) PLAYER 1
WEEKS OF FAILURE		ASSEMBLY & PACKAGING (2) PLAYER 1	DISTRIBUTION CENTER A (5) PLAYER 1
6		PATH TO DCA (3) PLAYER 1	DISTRIBUTION CENTER B (6) PLAYER 1

Fig. 5.12. Zona de gestión de incidencia, Player 1.

Lo que ocurrirá es que se completarán las siguientes 8 semanas de los históricos de SCOREBOARD PLAYER 1 y SCOREBOARD PLAYER 2. Y se actualizarán los dos tableros de juego (SC1 y SC2 ORDER BOARD) con la situación al final de la semana 8 del fallo en el Component Supplier, o lo que es lo mismo, con la situación al final de la semana 8 de la partida (ver Fig. 5.13 y Fig. 5.14).



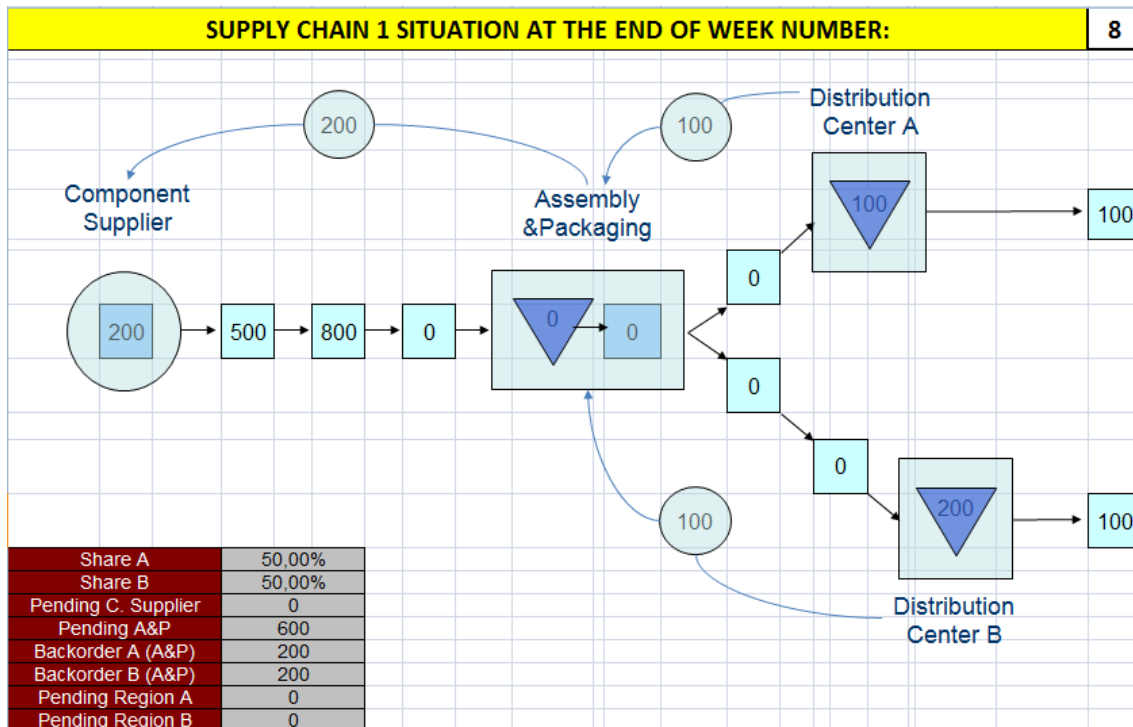


Fig. 5.13. Final semana 8 en SC1.

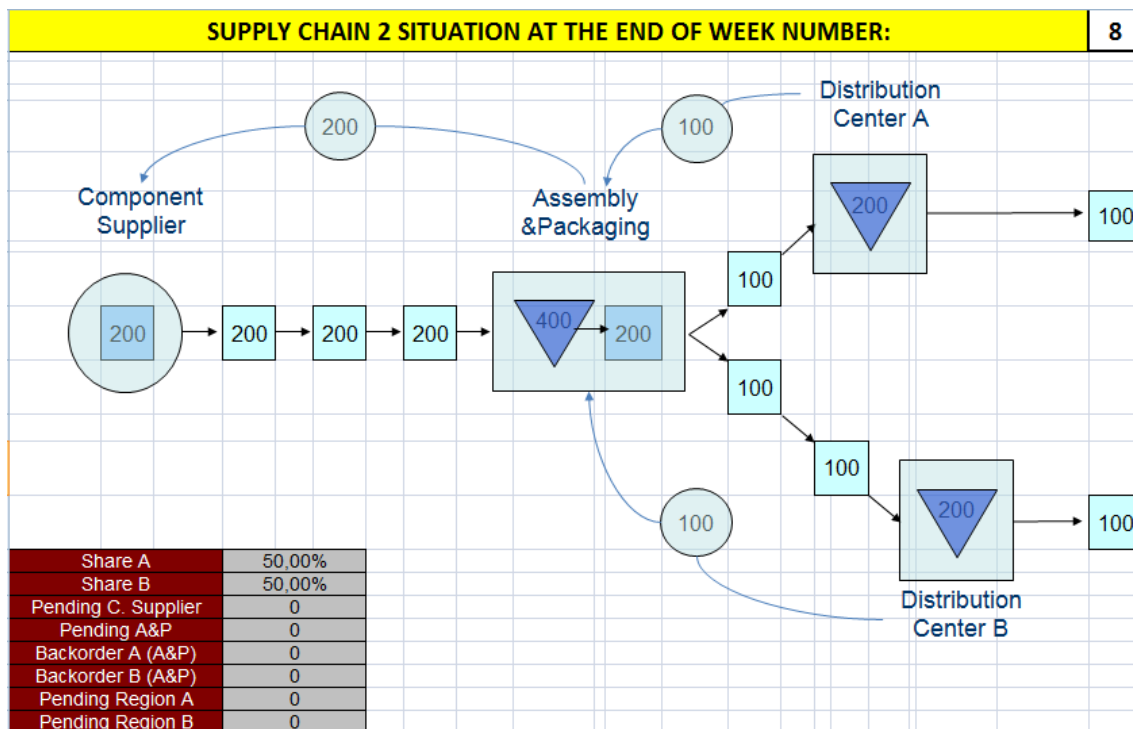


Fig. 5.14. Final semana 8 en SC2.

Se puede comprobar que el fallo ha afectado mucho más a la cadena 1 que a la cadena 2. Esto se debe a que SC2 tenía contratado el mejor Backup posible para este tipo de fallo, mientras que SC1 no ha contratado ninguno. Aún así se puede comprobar que por SC1, una vez ha terminado el fallo, se ha hecho una entrega por parte del Component Supplier de 800 unidades y otra de 500 unidades. Esto puede hacer que este fallo se supere más rápidamente que otro tipo de incidencia. Quizás esto nos puede llevar a pensar que la capacidad máxima (800 unidades) de entrega del Component Supplier es muy elevada.

Una vez analizado y terminado el turno anterior, es el momento de retocar las estrategias en función de la situación de cada una de las cadenas.

Para la cadena 1, sería importante reforzar el backup en el A&P. Puesto que dispone de 0 unidades tanto en la casilla del Stock como en la del Process, y un fallo podría provocar que no llegaran unidades a los centros de distribución. Además conviene mejorar también el backup de ambos centros de distribución, ya que el stock de seguridad va a caer, debido a que no van a llegar pedidos. Por eso es necesario que no termine el flujo de material.

BACKUP BOARD PLAYER 1						
C. Supplier	Assembly & Packaging		Distribution Center A		Distribution Center B	
BACKUP	SAFETY STOCK	BACKUP	SAFETY STOCK	BACKUP	SAFETY STOCK	BACKUP
NONE	100	100% 2w	0	100% 2w	0	100% 2w

Tabla 5 3. Tablero backup Player 1, jugada 2.

C. Supplier		Assembly & Packaging				Distribution Center A				Distribution Center B			
100% 2w		Safety Stock				Safety Stock				Safety Stock			
0	0	100% 2w				100% 2w				100% 2w			
100% 4w	50% 2w	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	50% 4w	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1x	1x	3x				2x				2x			
BACKUP	CHIPS	SAFETY STOCK		CHIPS	BACKUP	CHIPS	SAFETY STOCK		CHIPS	BACKUP	CHIPS	SAFETY STOCK	
NONE	0	100		1	100% 2w	15	0		0	100% 2w	10	0	
0					4					4			

Fig. 5.15. Tablero backup Player 1, jugada 2.

Para la cadena 2, quizá es buen momento para aprovechar que el stock de seguridad de SC1 ha caído en todos sus puntos clave. Un posible fallo en los trayectos a los centros de distribución se podría subsanar durante varias semanas teniendo un buen stock de seguridad en A&P, DCA y DCB. Igualmente al estar la cadena bastante equilibrada, se debe mantener un buen nivel de backup en todos los puntos.

BACKUP BOARD PLAYER 2						
C. Supplier	Assembly & Packaging		Distribution Center A		Distribution Center B	
BACKUP	SAFETY STOCK	BACKUP	SAFETY STOCK	BACKUP	SAFETY STOCK	BACKUP
NONE	300	50% 2w	300	50% 2w	300	50% 2w

Tabla 5 4. Tablero backup Player 2, jugada 2.

C. Supplier		Assembly & Packaging			Distribution Center A			Distribution Center B		
100% 2w		Safety Stock			Safety Stock			Safety Stock		
0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
100% 4w	50% 2w	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	50% 4w	100	100	100	100	100	100	100	100	100
0	0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1x	1x	1x	1x	1x	2x	2x	2x	2x	2x	2x
BACKUP	CHIPS	SAFETY STOCK	CHIPS	BACKUP	CHIPS	SAFETY STOCK	CHIPS	BACKUP	CHIPS	SAFETY STOCK
NONE	0	300	3	50% 2w	9	300	6	50% 2w	6	300
0				2				2		

Fig. 5.16. Tablero backup Player 2, jugada 2.

De nuevo es el momento de tirar el dado y comprobar cuál es la nueva incidencia generada. Salen 6 semanas de fallo en el DCA. De nuevo va a afectar a ambas cadenas y además va a provocar la pérdida de material en ambos centros de distribución. Al ser el turno del jugador 2 (ver Fig. 5.17), hay que ir a SCOREBOARD PLAYER 2 y situar un 6 en el número de semanas de fallo y pulsar el botón de incidencia en el Distribution Center A.

GAME TIME		NEXT FAILURE	
PLAYER 2		COMPONENT SUPPLIER (1) PLAYER 2	PATH TO DCB (4) PLAYER 2
WEEKS OF FAILURE		ASSEMBLY & PACKAGING (2) PLAYER 2	DISTRIBUTION CENTER A (5) PLAYER 2
6		PATH TO DCA (3) PLAYER 2	DISTRIBUTION CENTER B (6) PLAYER 2

Fig. 5.17. Zona de gestión de incidencia, Player 2.

Tras la simulación de esta incidencia, la situación de ambas cadenas de suministro es la siguiente (ver Fig. 5.18 y Fig. 5.19):

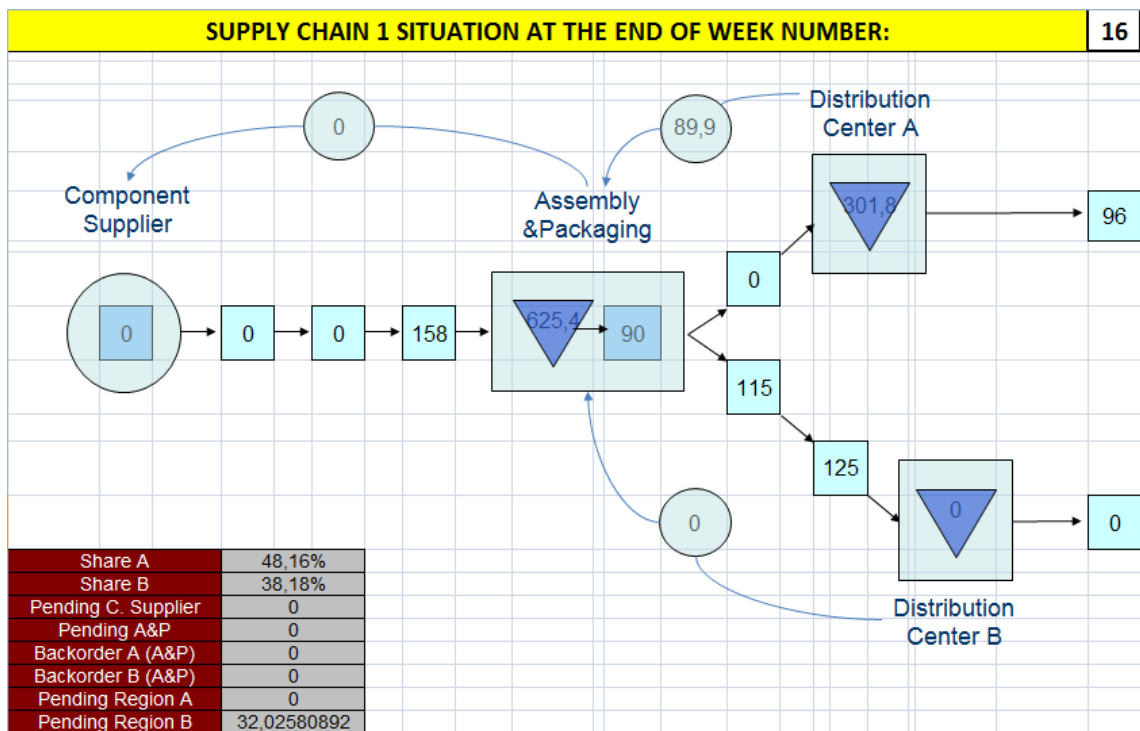


Fig. 5.18. Final semana 16 en SC1.

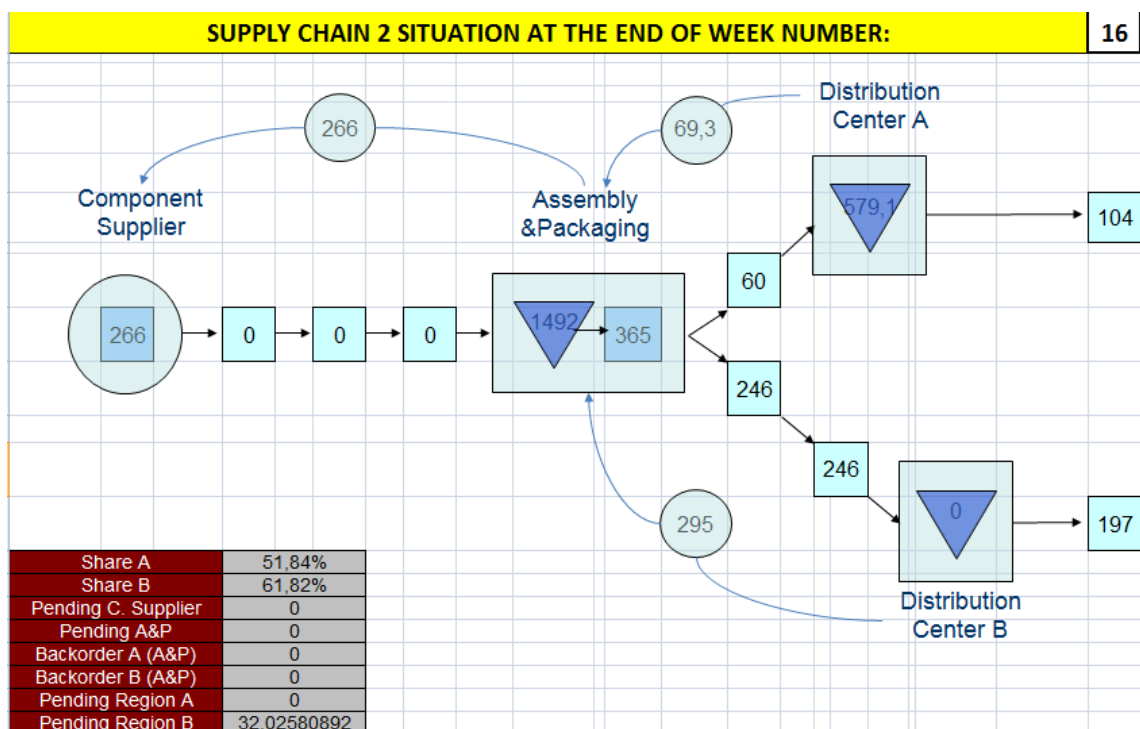


Fig. 5.19. Final semana 16 en SC2.



pero especialmente del B, ya que ahora mismo tiene cero unidades “On Hand”. Esto permitiría mitigar los efectos de un fallo en el PATH DCA O DCB, ya que dispondríamos de cantidad en mano para ir cubriendo la demanda mientras algunos pedidos no llegan. Se debe mantener el backup más alto en ambos centros, pues un fallo en alguno de los dos haría perder rápidamente cuota de mercado (ver Fig. 5.21 y Fig. 5.22).

BACKUP BOARD PLAYER 1						
C. Supplier	Assembly & Packaging		Distribution Center A		Distribution Center B	
BACKUP	SAFETY STOCK	BACKUP	SAFETY STOCK	BACKUP	SAFETY STOCK	BACKUP
NONE	200	50% 4w	200	100% 2w	200	100% 2w

Fig. 5.21. Tablero backup Player 1, jugada 3.

C. Supplier		Assembly & Packaging				Distribution Center A				Distribution Center B			
100% 2w		Safety Stock				Safety Stock				Safety Stock			
100% 4w	50% 2w	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
100% 4w	50% 2w	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
50% 4w	50% 4w	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
50% 4w	50% 4w	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1x	1x	3x				2x				2x			
BACKUP	CHIPS	SAFETY STOCK		CHIPS	BACKUP	SAFETY STOCK		CHIPS	BACKUP	SAFETY STOCK		CHIPS	BACKUP
NONE	0	200		2	50% 4w	200		4	100% 2w	200		4	100% 2w
0					1				4				4

Fig. 5.22. Tablero backup Player 1, jugada 3.

La cadena de suministro del jugador 2, al estar en ventaja, interesa que mantenga una estrategia más conservadora. Manteniendo una protección en A&P y los distribution centers. Se pueden bajar un poco los Stocks de Seguridad y mejorar el backup en el DCB, que siempre sufre más que el DCA, por tardar una semana más en llegar los pedidos. Quizás arriesgando a no proteger el C.Supplier (ver Fig. 5.23 y Fig. 5.24).

BACKUP BOARD PLAYER 2						
C. Supplier	Assembly & Packaging		Distribution Center A		Distribution Center B	
BACKUP	SAFETY STOCK	BACKUP	SAFETY STOCK	BACKUP	SAFETY STOCK	BACKUP
NONE	300	50% 2w	200	50% 2w	200	100% 2w

Fig. 5.23. Tablero de backup Player 2, jugada 3.

C. Supplier		Assembly & Packaging				Distribution Center A				Distribution Center B			
100% 2w		Safety Stock				Safety Stock				Safety Stock			
100% 4w	50% 2w	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
100% 4w	50% 2w	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
50% 4w	50% 4w	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
50% 4w	50% 4w	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
1x	1x	3x				2x				2x			
BACKUP	CHIPS	SAFETY STOCK		CHIPS	BACKUP	SAFETY STOCK		CHIPS	BACKUP	SAFETY STOCK		CHIPS	BACKUP
NONE	0	300		3	50% 2w	200		4	50% 2w	200		4	100% 2w
0					2				2				4

Fig. 5.24. Tablero de backup Player 2, jugada 3.

De nuevo se debe de tirar dos veces el dado para ver cuál es la siguiente incidencia y cuantas semanas dura. Sale un fallo de 4 semanas en el A&P. Afectará a ambos jugadores por ser una incidencia de más de 3 semanas de duración. Además de que se perderá la cantidad que tuvieran las cadenas SC1 y SC2 en sus respectivos A&P. Al ser el turno del jugador 1, nos vamos a la hoja del SCOREBOARD PLAYER 1, situamos 4 semanas de fallo y pulsamos el botón de incidencia en el Assembly & Packaging (ver Fig. 5.25).

GAME TIME		NEXT FAILURE	
PLAYER 1		COMPONENT SUPPLIER (1) PLAYER 1	PATH TO DCB (4) PLAYER 1
WEEKS OF FAILURE		ASSEMBLY & PACKAGING (2) PLAYER 1	DISTRIBUTION CENTER A (5) PLAYER 1
4		PATH TO DCA (3) PLAYER 1	DISTRIBUTION CENTER B (6) PLAYER 1

Fig. 5.25. Zona de gestión de incidencia, Player 1.

Observando los tableros de SC1 y SC2 se puede ver como la incidencia ha afectado mucho más a SC1. Esto se debe a que tenía un backup contratado peor que SC2, y a que la situación general de la cadena del jugador 1 era mucho peor. Si añadimos que ambos han perdido todo lo que tenían en A&P al principio de la incidencia, se explica el aumento de cuota de mercado de SC2 en ambas regiones (ver Fig. 5.26 y Fig. 5.27).

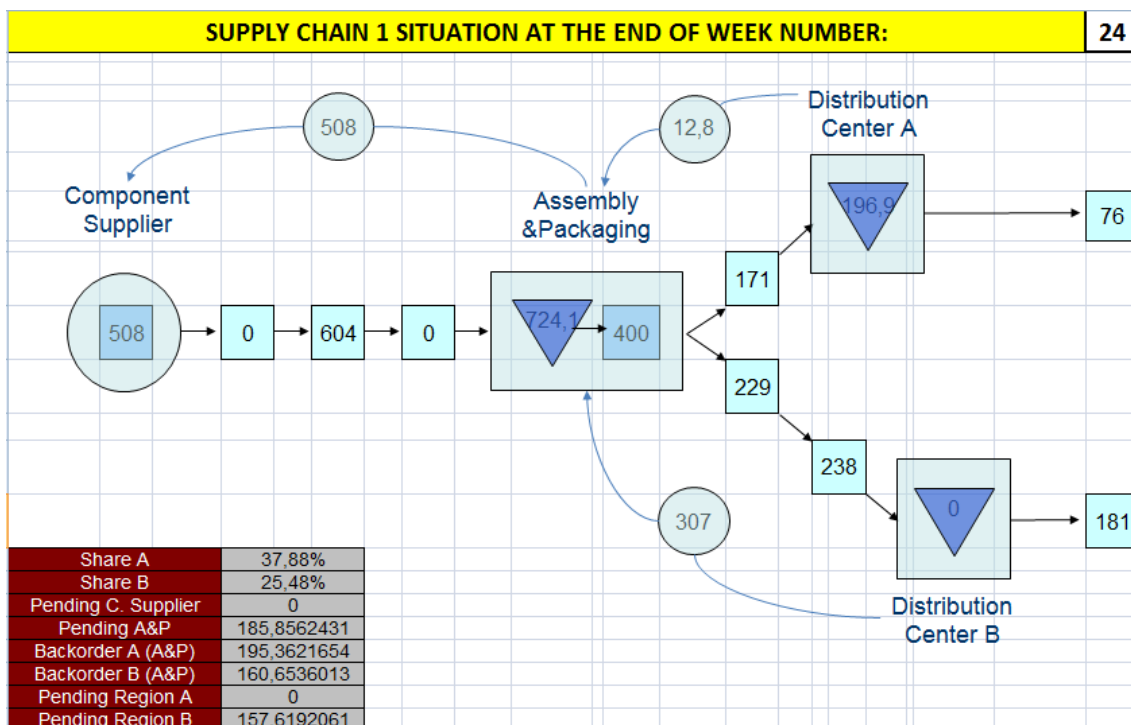


Fig. 5.26. Final semana 24 en SC1.

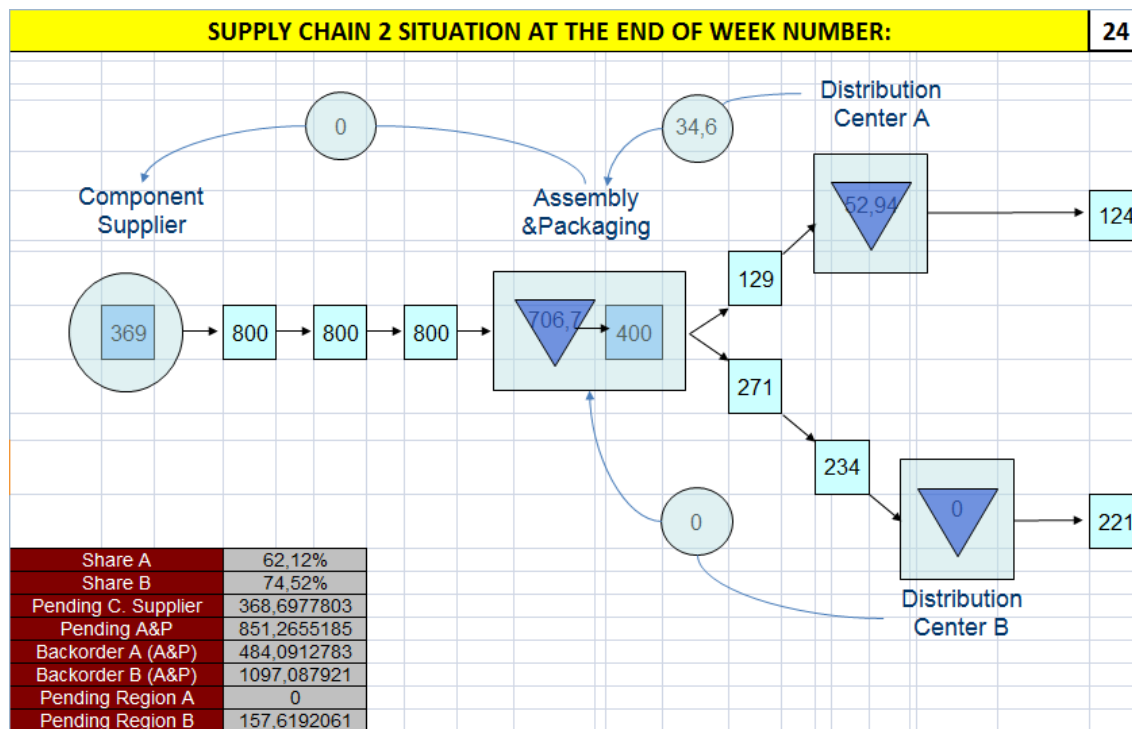


Fig. 5.27. Final semana 24 en SC2.

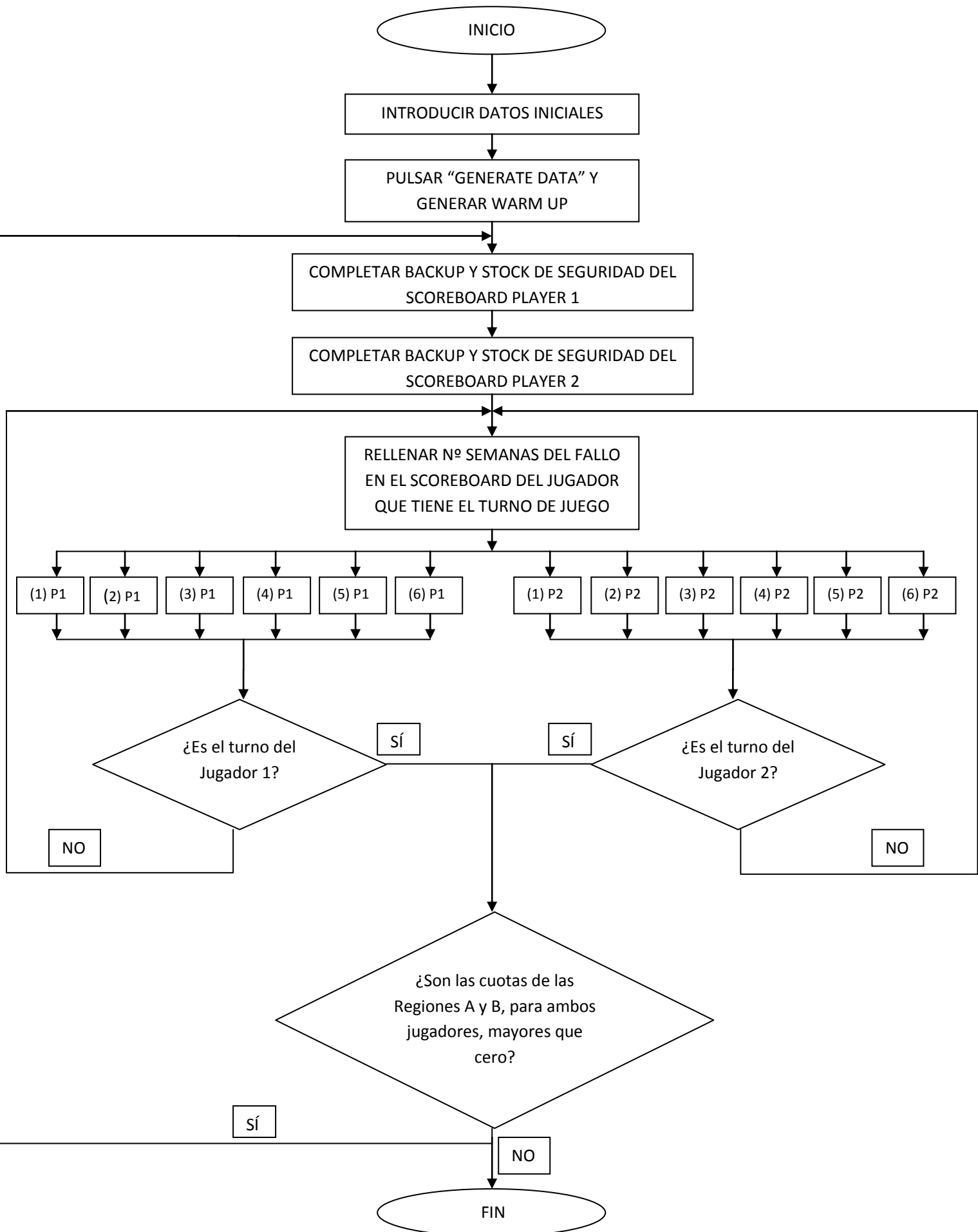
El proceso de juego continuaría hasta que una de las dos cadenas perdiera un mercado por completo. Como se puede observar ya se tiene un proceso sencillo de juego, cumpliendo así el objetivo de poder desarrollar partidas entre personas que no tengan un conocimiento profundo del funcionamiento de las hojas Excel comentadas en el Tema 4.

### 5.3. Flujograma del proceso de juego

Para simplificar esquemáticamente la comprensión del funcionamiento de un proceso normal de juego, se ha diseñado un flujograma que permite un mayor conocimiento del ciclo repetitivo que existe en una partida. Para entender todo el flujograma que se presenta a continuación, hay que aclarar lo que significan algunos puntos del mismo:

- (1) **P1:** BOTÓN INCIDENCIA EN EL COMPONENT SUPPLIER, PLAYER 1.
- (2) **P1:** BOTÓN INCIDENCIA EN EL ASSEMBLY & PACKAGING, PLAYER 1.
- (3) **P1:** BOTÓN INCIDENCIA EN EL PATH TO DCA, PLAYER 1.
- (4) **P1:** BOTÓN INCIDENCIA EN EL PATH TO DCB, PLAYER 1.
- (5) **P1:** BOTÓN INCIDENCIA EN EL DISTRIBUTION CENTER A, PLAYER 1.
- (6) **P1:** BOTÓN INCIDENCIA EN EL DISTRIBUTION CENTER B, PLAYER 1.
  
- (1) **P2:** BOTÓN INCIDENCIA EN EL COMPONENT SUPPLIER, PLAYER 2.
- (2) **P2:** BOTÓN INCIDENCIA EN EL ASSEMBLY & PACKAGING, PLAYER 2.
- (3) **P2:** BOTÓN INCIDENCIA EN EL PATH TO DCA, PLAYER 2.
- (4) **P2:** BOTÓN INCIDENCIA EN EL PATH TO DCB, PLAYER 2.
- (5) **P2:** BOTÓN INCIDENCIA EN EL DISTRIBUTION CENTER A, PLAYER 2.
- (6) **P2:** BOTÓN INCIDENCIA EN EL DISTRIBUTION CENTER B, PLAYER 2.





## 6. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

Dentro de este capítulo vamos a describir las conclusiones más importantes después de todo el proceso de desarrollo del juego, así como las ideas que surgen tras la finalización del proyecto y que pueden ayudar a enriquecerlo en un futuro.

### 6.1. Conclusiones

Se exponen las conclusiones agrupadas en tres apartados:

- Conclusiones respecto de los objetivos del Proyecto.
- Conclusiones respecto del desarrollo del Proyecto.
- Conclusiones respecto del contenido del Juego.

#### 6.1.1. Respetto de los objetivos del Proyecto

Según se enunció en el apartado correspondiente del primer capítulo, el objetivo del proyecto es:

“Poner en práctica el diseño conceptual de un juego didáctico de simulación sobre gestión de inventarios de una cadena de suministro para hacer frente a sucesos de baja probabilidad de ocurrencia y gran impacto.”

Este objetivo viene de entrada marcado por un conjunto de requisitos. En lo que sigue se explica cómo ha ido perfilándose el desarrollo para conseguir finalmente satisfacer el objetivo inicial y los requisitos de partida.

De entrada, y sugerido por los requisitos de partida, se decidió partir de un libro Excel en el que estructurar los datos y los cálculos en distintas hojas de cálculo. La decisión de cómo estructurar el libro Excel no fue inmediata. Tras probar diversos diseños y sucesivos análisis, se llegó a la conclusión de que cada incidencia debía de estar programada en una hoja Excel. Por tanto cada una de estas hojas debía agrupar todas estas tablas para cada jugador. Y por esto cada una de las hojas Excel que simulan las distintas incidencias, tienen una estructura homogénea. Siempre se separan en dos zonas que corresponden a Player 1 y Player 2. Y cada una de estas zonas dispone de:

- Backup Board.
- Order Board + Alternative.
- Component Supplier.
- Assembly & Packaging.
- Distribution Center A.
- Distribution Center B.
- Customer Region A.
- Customer Region B.
- Finals.
- Order Board.

Esto permite que para una misma incidencia, tengamos todos los datos necesarios en una sola hoja. Y que se pueda crear una fila resumen (“Starting Data for Next Round”) de cada uno de los jugadores, que sirva para iniciar las futuras incidencias.

Como se incluye en los requisitos de partida, era una idea fundamental el poder parametrizar lo máximo posible la situación inicial. Esto permitiría poder simular partidas que comenzasen en situaciones de mercado muy diferentes. En este sentido, la hoja de Condiciones Iniciales se puede comprobar que hay tres zonas que permiten personalizar algunas de las condiciones de:

- Supply Chain Data: datos iniciales comunes a ambas cadenas.
- Initialization SC1: datos iniciales de la cadena de suministro 1.
- Initialization SC2: datos iniciales de la cadena de suministro 2.

Una vez se tenía la estructura general de las incidencias, para conseguir tener una evolución de las cadenas de suministro fácil de interpretar y extender, se planteó la necesidad de diseñar un proceso de cálculo repetitivo, que tuviera como base la dinámica de los cinco pasos (ver apartado 3.3). Y a partir de la repetición de estos cinco pasos, durante cada semana de las 8 que conforman cada incidencia o turno, se pudieran ir completando siempre en el mismo orden las distintas tablas que tiene una incidencia. Lo que se hizo fue empezar diseñando el Warm Up, es decir, el periodo en el que cada cadena de suministro funciona sin ninguna alteración. Y el desarrollo de la misma se dividió en tres partes:

- Fila semana -8: como ya se ha visto en el documento el calentamiento o Warm Up comienza en la semana -8 y termina en la semana 0. La primera fila de todas las tablas, tanto del jugador 1 como del jugador 2, se rellena a partir de las condiciones iniciales. Por tanto, en esta primera etapa se estableció como calcular la semana de partida.
- Dinámica de los 5 pasos: cada una de las semanas se divide en 5 pasos de movimiento de material por las cadenas de suministro. En cada uno de los pasos somos capaces de ir completando las distintas tablas de cada jugador (ver apartado 4.1.5). Esto nos permite un proceso de cálculo repetitivo que funcionará de la misma manera en las 8 semanas del Warm Up.
- Fila resumen: al final del Warm Up se creó una fila que recogía los datos más importantes de la última semana para cada jugador ("Starting Data for Next Round"). El interés de esta fila es particularmente destacado y cobra gran importancia posteriormente, ya que con estos datos se puede crear la semana de partida a partir de la cual desarrollar la siguiente incidencia.

La siguiente tarea a realizar consistió en modificar la hoja del Warm Up para programar cada una de las distintas incidencias que se podían dar durante el juego (ver apartados 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 y 4.7). Se realizaron modificaciones en las fórmulas de los datos afectados por cada incidencia. Pero se mantenía la dinámica de cálculo repetitiva de los 5 pasos y la obtención de una fila resumen para comenzar la siguiente incidencia a partir de los datos de la última semana del fallo anterior.

Hasta este punto se cumple un hito importante, que era tener un libro de Excel que permitiera la simulación de un calentamiento, a partir de las condiciones iniciales, y de las 6 posibles incidencias que se pueden dar durante una partida. Pero la jugabilidad de estas hojas era realmente pobre por dos razones fundamentalmente:

- Era muy complicado de jugar. Una vez se generaba el calentamiento había que copiar la última fila de cada jugador y pegarla en la fila correspondiente a la primera semana de la incidencia que se producía. Y además situar las condiciones

de Backup y de Stock de Seguridad en unas casillas determinadas de la tabla Backup Board.

- Era muy poco analítico. No se generaba un histórico de todos los turnos acumulados. Y los tableros y los resultados eran muy poco visuales, ya que todo venía representado mediante celdas.

Por todo esto, se desarrolló un programa con Visual Basic For Applications, que nos permitiera: automatizar el proceso de paso de una incidencia a otra, guardar todos los datos de la partida en un histórico y presentar los datos más relevantes, después de cada turno, en los tableros de backup y de juego, y no en tablas de Excel. Algunos de los aspectos más importantes son los siguientes:

- Condiciones Iniciales: se resaltaron en amarillo las celdas a rellenar y se bloquearon aquellas que se auto calculan. Además se programó un botón que permitía generar el Warm Up.
- SCOREBOARD Y SC1/2 ORDER BOARD: se añadieron dos nuevas hojas para cada jugador: una dedicada a gestionar el backup y tomar nota del histórico de jugadas, y otra con el tablero de juego representando la situación final de la última incidencia.
- Botones de incidencia: dentro de cada una de las hojas del SCOREBOARD se añadieron 6 botones que sirven para simular cada una de las incidencias.

Con todo esto se cumple el objetivo de tener un sistema de juego mucho más sencillo, que funciona con un sistema de botones, en vez de copiando y pegando filas. Y permite una visualización mucho más ejecutiva, pues de un golpe de vista se puede ver la situación de los pedidos en la cadena de suministro y la estrategia que se ha seguido. Esto permite tomar decisiones mucho más rápidas entre las jugadas.

La última tarea surge de la necesidad de que se pueda desarrollar una partida entre dos equipos, con un director de juego que determine las condiciones iniciales de mercado y gestione el desarrollo de la partida. Para ello se crearon 3 archivos:

- Archivo del Director de Juego: contiene todas las hojas Excel con las condiciones iniciales, las incidencias y los tableros de juego y backup. La persona que gestione este archivo será la encargada de determinar las condiciones iniciales de mercado. Además de utilizar la Excel para situar las estrategias de los equipos y pulsar los botones de incidencia correspondientes.
- Archivo Jugador 1: este archivo contiene una sola hoja con el tablero de juego del Player 1. Y se actualiza al mismo tiempo que el tablero del archivo del Director de Juego. De esta manera el equipo 1 puede tomar decisiones sin saber exactamente la situación del equipo 2.
- Archivo Jugador 2: este archivo contiene una sola hoja con el tablero de juego del Player 2. Y se actualiza al mismo tiempo que el tablero del archivo del Director de Juego. De esta manera el equipo 2 puede tomar decisiones sin saber exactamente la situación del equipo 1.

En este punto se tiene por tanto una versión del juego disponible para ser usado con los fines didácticos planteados, y que cumple los requisitos de partida establecidos.

### 6.1.2. Respeto del desarrollo del Proyecto

Muchas de las conclusiones valiosas del desarrollo quedan ocultas en la memoria del proyecto, pues provienen de diseños erróneos y de las soluciones encontradas mediante nuevos diseños. A continuación se mencionan las principales.

Entre los diseños iniciales del libro Excel que menciona que hubo en el apartado anterior, cabe señalar una versión previa en la que cada hoja se dedicaba a una tabla, es decir, a un elemento de la cadena de suministro, y cada hoja contenía todos los cálculos semanales relativos a ese elemento. Esto hacía que fuera poco dinámico, pues era difícil adaptar la regla de los 5 pasos a este formato de tablas. Además, se complicaba la conexión entre las mismas. Hay que recordar que los datos de una misma semana están interconectados entre las distintas tablas, es decir, el cálculo de algunos depende de haber calculado otros previamente. Si cada tabla está en una hoja, este proceso se dificulta mucho. Y la complicación puede llegar a ser inabarcable si pensamos que para cada incidencia algunas tablas varían. De manera que se optó por agruparlas todas y hacer una hoja por incidencia.

Tras la decisión de unir todas las tablas y crear una única tabla con la información de todos los elementos de la cadena de suministro y así diferenciar las hojas por incidencia y no por elemento, se empezó a diseñar todo el cálculo del Warm Up. Pero se hizo sin tener claro como se iban a conectar en un futuro los finales de la última semana de una incidencia, con el inicio de la siguiente. Esto provocó que cuando se terminó el calentamiento, había que coger datos muy dispersos, dentro de la hoja Excel, para empezar el fallo siguiente. Se concluyó que había que rediseñar las hojas para orientar todo el proceso de cálculo a tener una fila final de la última semana ("Starting Data for Next Round"), con la que poder iniciar la siguientes incidencias. Uno de los cambios más satisfactorios fue el rediseño de las tablas "Final", que permitió tener en la fila de la última semana las cantidades entregadas durante las últimas 8 semanas, por las dos cadenas y en las dos regiones (ver apartado 4.1.4).

Cuando se empezó a desarrollar el programa de Visual Basic for Applications para automatizar el juego, se pretendía en un primer momento que los tableros de juego y de backup se representaran mediante tablas de Excel. Es decir, que el tablero de Backup fuera una tabla que resumiera los backups y stocks de seguridad seleccionados. Y que el tablero de juego fuera otra tabla con tantas celdas como casillas tuviera el mismo. Esto hacía que el juego fuera poco visual. Se optó por hacer diseños iguales a los originales, lo que supone un salto en valor añadido en cuanto a usabilidad además de la mejora que supone en la comprensión de la dinámica del juego (ver Fig. 5.10 y Fig. 5.13).

Una vez se terminó el programa, se simularon algunas partidas de prueba a modo de validación para comprobar que el funcionamiento era el deseado. Se consiguió que la evolución de las cadenas, niveles de inventario, órdenes de fabricación, cuotas de mercado y demás parámetros se ajustaran a los modelos objetivos. Sin embargo, se observó que para valores de los parámetros que parecerían razonables, la duración de la partida podría ser elevada, quizá de cinco días jugando tres horas diarias. Por tanto surgía la necesidad de guardar las partidas. Lo que se intuía sencillo puesto que parece que valdría con guardar el archivo Excel. Hay que notar que lo que hacen los botones programados es copiar la fila resumen de la última incidencia ("Starting Data for Next Round"), y pegarla en la fila de la semana cero de la siguiente. Para guardar estos datos utilizamos vectores declarados como variables globales, que mantienen su valor mientras el archivo Excel esté abierto. Pero que si lo cerramos y lo volvemos a abrir se reinician a cero. De esta manera, se llegó a la conclusión de que eran necesarios dos botones:

- **GUARDAR DATOS:** que guarda las filas resumen de la última incidencia, para los dos jugadores, en otra hoja de Excel llamada “DATOS GUARDADOS”.
- **CARGAR DATOS:** introduce los datos guardados en los vectores que hemos declarado como variables globales.

Para utilizarlos basta con pulsar el botón GUARDAR DATOS antes de cerrar el libro Excel. Y para recuperarlos y seguir la partida donde la habíamos dejado, habría que pulsar el botón CARGAR DATOS al volver a abrir el archivo.

Uno de los objetivos era dejar traza de los datos importantes de la partida. Por esto se programó una forma de guardar un histórico con los valores más relevantes de todas las semanas que tenga la partida. Lo que realmente hace es guardar las tablas Excel de las incidencias de una forma ordenada y con menos información de cálculos intermedios. Pero aún así sigue pareciendo complejo que un jugador entienda al cien por cien lo que significan todos esos valores sin conocer el funcionamiento total del juego. Quizás esta forma de presentar el histórico podría tener una alternativa más visual y simplificada.

A la hora de presentar los tableros de juego a los jugadores, siempre se muestra la situación al final de la última semana de la incidencia. Aunque se puede entender a través del histórico lo que ha ocurrido a lo largo de la incidencia, sería más sencillo poder elegir la semana que queremos ver en el tablero, respecto del total de semanas transcurridas. Además, si se pudieran representar en el tablero de juego las jugadas donde hay funcionamiento de las casillas alternativas, podría tener sentido completar el tablero añadiendo todas las casillas que representan a los alternativos (ver Fig. 2.5, Fig. 2.6, Fig. 2.7, Fig. 2.8, Fig. 2.9 y Fig. 2.10).

### 6.1.3. Respetto del contenido del Juego

No formaba parte del objetivo del proyecto, pero todas las pruebas acumuladas para comprobar el correcto funcionamiento del juego han permitido llegar a una serie de conclusiones respecto de las estrategias y peculiaridades del mismo.

Una de las conclusiones más importantes es que los fallos que afecten a las partes finales de la cadena, en este caso los Distribution Centers, siempre van a provocar caídas de las cuotas de mercado más rápidas. Por esto parece que es mejor tener siempre algún tipo de backup contratado en estas zonas, para reducir el impacto de una incidencia.

En el caso de una incidencia en el Assembly & Packaging, se deja de servir los pedidos de los Distribution Center durante el tiempo que dure la incidencia o hasta que actúe algún tipo de backup. En estos casos siempre sería importante tener un alto stock de seguridad en los centros de distribución que permitiera cubrir la demanda existente mientras no salen los pedidos del A&P.

Los fallos en los caminos de distribución: Path to DCA y Path to DCB, van a retrasar la llegada de los pedidos que se dirigen a DCA y DCB. De nuevo la cadena va a utilizar la cantidad de stock de seguridad que tenga en los centros de distribución para poder cubrir la demanda en las semanas donde no llegue el material.

La capacidad de recuperación de las cadenas para un fallo en el Component Supplier siempre es mejor que para otro tipo de incidencia. Esto se debe a:

- Es la parte más alejada de la cadena respecto de las regiones de consumo. Esto permite un mayor margen, de forma que el proceso de recuperación de la cadena no afecte a una pérdida de cuota de mercado.

- La capacidad máxima de entrega del Component Supplier que se ha estado considerando en las pruebas es de 800 unidades, esto es, 2 veces la suma de la demanda de los dos mercados A y B. Al ser tan grande, una vez que actúe el backup o termine el fallo, superar los inconvenientes del mismo será bastante rápido.

Esto permite concluir que es necesario disminuir la capacidad máxima de entrega del Component Supplier si se quiere que las incidencias en el mismo tengan una relevancia mayor.

Si dentro de las posibles incidencias que hemos visto que pueden afectar más a los centros de distribución, nos surge la duda de que centro reforzar más, la respuesta es el Distribution Center B, ya que los pedidos tardan una semana más en llegar que a DCA. Los posibles problemas que afecten a DCB siempre van a tardar una semana más en recuperarse que los que afecten a DCA.

Después de unas cuantas partidas, parece que es posible llevar una estrategia pasiva en la que se mantenga un refuerzo general de todas las partes de la cadena. Y sin cambiar mucho esta situación se puede mantener más o menos una buena cuota de mercado en ambas regiones. Como lo que se quiere es que se tomen decisiones y se arriesgue, es posible que se tenga que reducir el número de fichas utilizadas para seleccionar Backup y Stock de Seguridad.

## 6.2. Trabajos futuros

Se ha conseguido llegar a una primera versión del juego bastante completa, pero surgen inmediatamente posibles vías de desarrollo para enriquecerlo aún más.

La experiencia de juego y de partidas completadas es bastante escasa. Existe la necesidad de desarrollar múltiples partidas para afinar todos los aspectos del juego, pero dos en particular:

- El número de fichas disponibles para seleccionar el backup. Como ya hemos dicho anteriormente, puede que sean demasiadas para que la partida acabe en un tiempo razonable.
- Las capacidades máximas de entrega de material de: C. Supplier, Assembly & Packaging, DCA y DCB. Si se reducen, la capacidad de los backups de subsanar las incidencias disminuye y la duración de la partida también.

Puede ser interesante conocer cuál es el tiempo de recuperación de la cadena para cada una de las incidencias. De esta manera se puede comprobar cuál de todas va a tener una mayor trascendencia, y a partir de ahí conocer las estrategias más efectivas para contrarrestar estas situaciones.

Dentro de las tablas de los Distribution Center A y B siempre aparece una columna vacía que pone "Forecast" (ver Fig. 4.5 y Fig. 4.6). En esta versión del juego no tiene ninguna funcionalidad. Pero se pretende que en un futuro en vez de calcular la demanda como el Lead Time por la Demanda Total y por la cuota de mercado, se hagan predicciones de demanda para las semanas siguientes antes de calcular la orden de producción. Esto permitirá que el juego se acerque más a la realidad y se completará con conceptos y teorías de predicción de la demanda.

Aprovechando la capacidad de conexión de Excel y Access, se podría hacer una base de datos que guarde las partidas que se han jugado. De esta forma es posible acumular un gran número de jugadas y situaciones distintas. Explotando los datos de forma correcta sería factible

determinar que estrategias dan mejores resultados. Además, la posibilidad de consulta de las distintas partidas va a permitir afinar aún más todos los parámetros variables del juego.

Una idea que puede surgir para cuando el juego esté muy testado y calibrado, son las partidas online. De forma que una gestión automática del archivo del Director de Juego vaya guiando a los dos jugadores que se enfrentan durante una partida completa.





## 7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] KLIBI, W. y MARTEL, A. (2012). Scenario-based Supply Chain Network risk modeling. *European Journal of Operational Research*, vol. 223, pp. 644-658.
- [2] STECKEA, K.E. y KUMARB, S. (2009). Sources of Supply Chain Disruptions, Factors That Breed Vulnerability, and Mitigating Strategies. *Journal of Marketing Channels*, vol. 16, no. 3, pp. 193-226.
- [3] NORRMAN, A. Y JANSSON, U. (2004). Ericsson's proactive supply chain risk management approach after a serious sub-supplier accident. *International Journal of Physical Distribution & Logistics Management*, vol. 34, no. 5, pp. 434-456.
- [4] SHEFI, Y. (2007). *La empresa robusta*. LID (Madrid).
- [5] FOGARTY, D.W. (1991). *Production & inventory management*. SOUTH WESTERN (Memphis).
- [6] WALKENBACH, J. (2007). *Excel 2007 Bible*. WILEY (Indianapolis).
- [7] BERNARD, V.L. (2009). *A Guide to Microsoft Excel 2007 for Scientists and Engineers*. ELSEVIER (San Diego).
- [8] WALKENBACH, J. (2007). *Excel 2007. Programación con VBA*. ANAYA MULTIMEDIA (Madrid).
- [9] ROMAN, J. (2002). *Writing Excel Macros with VBA, Second Edition*. O'REILLY (Sebastopol).